

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ



ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ

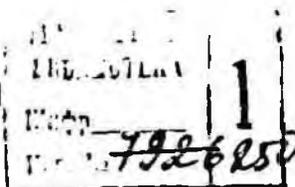
✓ 00 2004  
В. И. СМЕРНОВ, А. П. ПРОКОФЬЕВ  
В. М. БОРЗУНОВ, А. И. ДЮКОВ, М. А. ЖДАНОВ,  
И. А. ЛЮБИМОВ, В. Е. НЕКИПЕЛОВ, Н. А. ПЛОТНИКОВ

553  
1744

# ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Под общей редакцией *В. И. СМЕРНОВА* и *А. П. ПРОКОФЬЕВА*

Главный редактор *П. Я. АНТРОПОВ*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР  
МОСКВА 1960

---

## ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

За годы Советской власти на территории нашей страны выявлены месторождения всех видов полезных ископаемых. По запасам таких важнейших полезных ископаемых, как уголь, нефть, железо, марганец, хром, медь, свинец, цинк, вольфрам, никель, кобальт, апатиты, асбест, калийные соли и алмазы Советский Союз занимает ведущее место в мире.

Успехи в деле выявления в недрах нашей Родины разнообразных видов минерального сырья обусловлены широким разворотом геологосъемочных, геологопоисковых и геологоразведочных работ, ведущихся на широких просторах нашего социалистического государства. Наиболее ответственной операцией, с которой приходится иметь дело геологу в ходе изучения в недрах месторождений полезных ископаемых, является промышленная оценка этих месторождений с подсчетом запасов, определением качества минерального сырья и с выявлением хозяйственной и экономической первоочередности их разведки и эксплуатации. Было бы глубоко неверно думать, что эта операция является чисто арифметической, связанной исключительно с геометрическим определением площади, объема и веса тел полезных ископаемых в недрах. Нет, это далеко не так. Только тщательное изучение геологического строения месторождений полезных ископаемых в сочетании с продуманной и рациональной методикой разведки может гарантировать их безошибочную промышленную оценку и подсчет запасов в недрах. Это особенно справедливо при прогнозировании и определении перспектив любого месторождения за пределами разведанного контура, что надо не только уметь делать, опираясь на передовые методы геологической науки, но и обязательно смелее и увереннее осуществлять практически, чем это в ряде случаев делалось до сих пор.

В геологических условиях образования и особенностях строения всех видов полезных ископаемых, определяющих методы их разведки и принципы оценки, имеется много общих черт. Вместе с тем, для правильного определения промышленной ценности важно уметь выявлять специфические особенности важнейших разновидностей месторождений разных групп полезных ископаемых. Вот почему в данной книге, наряду с общими приемами подсчета запасов, освещаются методы подсчета и условия классификации запасов разных групп рудных и нерудных полезных ископаемых, углей и горючих сланцев, нефти и горючих газов.

Данная книга, составленная специалистами своего дела, обобщает большой опыт разведки месторождений минерального сырья и призвана помочь в деле рациональных методов подсчета запасов.

Советских геологов ждет большая и очень ответственная работа по дальнейшему расширению сырьевой базы, необходимой для укрепления материальных основ коммунистического строительства в нашей стране, и решения основной экономической задачи — в ближайшие годы догнать и перегнать главные капиталистические страны по производству промышленной продукции на душу населения. Эта работа будет развиваться в направлении поисков месторождений полезных ископаемых, как выходящих на поверхность, так и глубоко залегающих. И, повидимому, глубинные поиски будут все время развиваться во всевозрастающих объемах. Они потребуют разработки соответствующих методик глубинного картирования земной коры и соответствующих технических приемов.

Когда эти вопросы будут положительно решены, тогда глубинные поиски не будут представлять столь сложную проблему для геологов, какой она кажется нам в настоящее время.

Книги, подобные этой, призваны облегчать напряженный труд геологов, содействовать быстрому и экономичному выявлению и оценке природных ресурсов.

П. АНТРОПОВ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Подсчет запасов называется определением количества промышленно пригодного минерального сырья в недрах.

Разведанные и правильно учтенные запасы полезных ископаемых представляют надежную основу для развития народного хозяйства. Поэтому обоснованный подсчет запасов всех видов минерального сырья имеет важное государственное значение. Хотя подсчет запасов является операцией вычислительной, он немыслим без правильной разведки и без всестороннего изучения геологического строения месторождений полезных ископаемых передовыми методами. Подсчету запасов любых месторождений должно предшествовать и сопровождать его полноценное геологическое изучение этих месторождений. Подсчет запасов и сопутствующее ему изучение месторождений имеют следующие основные цели:

1. Определение количества промышленного минерального сырья в недрах с выяснением распределения запасов по отдельным сортам его и участкам месторождения.
2. Определение качества минерального сырья.
3. Определение технологических свойств минерального сырья, вскрывающих пути его промышленного использования.
4. Определение геологических условий; необходимых для правильного выбора способа вскрытия и системы эксплуатации месторождения.
5. Определение степени надежности цифр подсчета запасов и степени изученности месторождения для решения вопроса о промышленном назначении запасов.

При составлении настоящей книги авторы и редакторы ее стремились осветить существующие как в нашей стране, так и за рубежом рациональные приемы подсчета запасов месторождений полезных ископаемых. В основу работы положена книга В. И. Смирнова «Подсчет запасов минерального сырья» [1950]. Однако в настоящую книгу введены дополнительные разделы, расширен и переработан материал остальных частей, все данные приведены в соответствии с новыми официальными положениями по учету запасов и проиллюстрированы дополнительными, наиболее поучительными примерами подсчета. Поэтому настоящая работа должна рассматриваться как новый самостоятельный труд. Она состоит из пяти частей.

В первой части описаны способы получения исходных геологических данных, необходимых для подсчета запасов твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых (параметры для подсчета).

Во второй части освещаются геологические основы и методы оконтуривания залежей полезных ископаемых при подсчете запасов; этот раздел составлен на основе книги А. П. Прокофьева [1953] и представляет попытку систематизировать сведения по указанной, важнейшей

стороне подсчета запасов и оценки месторождений полезных ископаемых; материал этой части не претендует на полное освещение вопросов оконтуривания тел полезных ископаемых для целей оценки, в нем освещены лишь некоторые стороны этой большой проблемы.

В третьей части приводится описание наиболее рациональных методов подсчета запасов твердых полезных ископаемых, подсчета запасов нефти и горючих газов, а также определения эксплуатационных запасов подземных вод.

В четвертой части дается характеристика условий классификации запасов коренных и россыпных месторождений металлических полезных ископаемых, углей и горючих сланцев, важнейших групп нерудного минерального сырья, нефти и газа, а также подземных вод. Этот раздел составлен на основе соответствующих инструкций Государственной комиссии по запасам (ГКЗ), проиллюстрирован, по возможности, характерными примерами и отражает большой опыт по рассмотрению и утверждению запасов минерального сырья в высшем государственном органе, контролирующем правильность подсчета запасов наиболее крупных месторождений полезных ископаемых Советского Союза.

В пятой части приведены требования ГКЗ к содержанию и оформлению материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых, нефти и газа, а также подземных вод.

Всем этим разделам предпослано введение с кратким историческим очерком развития приемов подсчета запасов и геологических основ подсчета, а в конце книги приведен список литературы по вопросам подсчета запасов.

Настоящая книга является коллективным трудом авторов, доля участия каждого из которых в составлении отдельных разделов этой работы отмечена в оглавлении.

Организация работ по составлению книги, увязка отдельных ее частей и общая редакция принадлежат В. И. Смирнову и А. П. Прокофьеву.

Рукопись книги была просмотрена М. П. Ложечкиным, сделавшим ряд ценных замечаний, направленных к ее улучшению.

Значительная помощь в подборе материалов для книги и при подготовке ее к печати была оказана Г. С. Бороухиной, В. Г. Москвичевой и А. В. Прокофьевой, которым авторы выражают свою признательность.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящем разделе книги рассматриваются два вопроса: история развития приемов подсчета запасов полезных ископаемых и геологические основы подсчета запасов.

В кратком историческом очерке следует вначале указать, что еще в наиболее ранние этапы развития поисков, разведок и разработки полезных ископаемых обнаруживалось отчетливое стремление к практической оценке месторождений минерального сырья, к определению качества и вероятного количества его в недрах земли. Позже появилась необходимость разделять оцениваемое количество полезных ископаемых по степени надежности цифр запасов его. В конце прошлого века английские горные инженеры, помимо общих цифр запасов минерального сырья, выделяли запасы руды в поле зрения или видимой руды (*ore in sight*).

В 1902 г. Лондонский институт горного дела и металлургии рекомендовал запасы видимой руды разделять на две категории: 1) *руда оконтуренная*, обнаженная, по крайней мере, с трех сторон выработками в достаточно близком расстоянии друг от друга; 2) *руда неоконтуренная*, но существование которой можно предполагать с достаточным основанием.

Через год П. Аргэлл [1903] выступил со своим известным предложением по классификации запасов, считая целесообразным разделять их на три категории: 1) *вскрытая руда* (*ore developed*); 2) *вскрываемая руда* (*ore being developed*); первый класс — блоки с одной скрытой стороной, второй класс — блоки с двумя скрытыми сторонами, третий класс — блоки с тремя скрытыми сторонами; 3) *ожидаемая руда* (*ore expectant*).

Вокруг предложения П. Аргэлла разгорелась дискуссия, в которой приняли участие такие крупные горняки и геологи того времени, как Ж. Коллинс, Ц. Пурингтон, Ж. Жорд, И. Тридвелл, Б. Лауренс, Б. Стивенс; материалы дискуссии были обобщены и изданы особой книгой под редакцией Т. Рикарда [1907], также принимавшего участие в обсуждении статьи П. Аргэлла. Вскоре тот же Лондонский институт горного дела и металлургии, учтя результаты указанной дискуссии, опубликовал новый проект классификации запасов. По этому проекту запасы разделялись на три категории: 1) *видимая руда* (*visible ore*), — подготовленная к добыче главными шахтами, основными штреками и другими выработками, необходимыми для добычи; 2) *вероятная руда* (*probable ore*), — не вполне подготовленная к добыче, лишь частью вскрытая выработками; 3) *возможная руда* (*possible ore*), — сведения о которой основаны лишь на теоретических предположениях и не проверены горными работами; запас руды не выражается цифрами.

Эти три понятия стали очень популярными во всем мире и в нашей стране, причем их стали относить не только к рудным месторождениям, но и ко всем другим группам минерального сырья, разделяя их запасы на видимые, вероятные и возможные, но, в отличие от английского предложения, запасы последней категории, так же как и других категорий, стали выражать на языке цифр.

Г. Гувер [1909] обратил внимание, что достоверность подсчитанных запасов, а следовательно и категории их определяются не только степенью вскрытия месторождения, но и геологическими особенностями тел полезных ископаемых, и предложил исключить из классификации признак вскрытия месторождения, рекомендовав разделять запасы на следующие три группы: 1) *установленная руда* (proved ore), — разработка которой практически не представляет никакого риска или опасения, что она выклинилась или станет некондиционной; 2) *вероятная руда* (probable ore), — разработка которой представляет некоторый риск, однако не настолько большой, чтобы не рассчитывать на непрерывное продолжение залежи в известных пределах, определенных подготовительными работами; 3) *возможная руда* (possible ore), — которая не может быть включена в предыдущие два класса, точно подсчитана по весу и выражена цифрами. Эта классификация считалась основной во многих странах до 40-х годов нашего века.

В начале 40-х годов в США была предложена, обсуждалась и, наконец, была принята Горным бюро и Геологической службой США новая классификация, согласно которой запасы разделяются на три категории: 1) *измеренные* (measured), подсчитываемые на основании замеров в обнажениях, горных выработках, буровых скважинах; качество запасов определяется детальным опробованием; точки наблюдений, опробования и измерений расположены настолько тесно, а геологический характер месторождения определен настолько хорошо, что величина, форма и минеральный состав тел полезных ископаемых устанавливаются также хорошо; вычисленные величины запасов и их качество могут быть определены достаточно точно в пределах установленных границ и не могут отличаться от истинных величин более чем на 20%; 2) *выведенные* (indicated), подсчитываемые частично на основании прямых измерений, опробования или данных эксплуатации, а частично — на основании распространения этих данных на некоторое расстояние, зависящее от геологической обстановки; точки наблюдений, измерений и опробования располагаются на довольно значительном расстоянии друг от друга, т. е. не дают возможности уверенно оконтуривать минеральные тела и хорошо определить качество заключенного в них минерального сырья; 3) *предполагаемые* (inferred), определение количества которых основано в значительной степени на широком знании геологического характера месторождения, для которого имеется очень ограниченное количество наблюдений, измерений и данных опробования, или их нет совсем; предположение о непрерывности или повторяемости тел полезных ископаемых основано на геологических данных и сравнении с аналогичными месторождениями; запасы скрытых тел включаются в подсчет, если имеются особые геологические данные о их возможном присутствии; подсчет запасов производится в пределах определенных границ, намечающих вероятное распространение месторождения.

Эта классификация к настоящему времени принята в практике подсчета запасов в большинстве стран Северной и Южной Америки, Африки, Австралии.

В Англии Институт горного дела и металлургии в 1953—1954 гг. организовал широкое обсуждение американской классификации запасов минерального сырья. В ходе этой дискуссии, в которой приняли участие как специалисты горного дела, так и геологи, было высказано много ценных мыслей о принципах классификации, но, вместе с тем, большинство выступающих поддержало целесообразность вышеуказанного разделения запасов [W. R. Jones, 1954].

В других странах Европы до 40-х годов пользовались классификацией с разделением запасов на действительные, вероятные и возможные. Позже, в странах народной демократии, где социалистические

принципы ведения народного хозяйства потребовали более строгого и точного учета минеральных ресурсов, появились предложения, направленные к совершенствованию классификации запасов. Например, в Германской Демократической Республике О. Ольснер [1952] внес предложение, помимо запасов действительных, вероятных и возможных, выделять еще запасы геологические. Е. Фогель в 1954 г. выступил с предложением разделять запасы на три группы: 1) в настоящее время пригодные к отработке; 2) в настоящее время условно пригодные к отработке; 3) в настоящее время непригодные к отработке. Первую группу запасов, пригодных для эксплуатации, рекомендуется разделять на четыре категории: действительных, вероятных, минимально возможных и максимально возможных запасов. Среди действительных и вероятных запасов, кроме того, имеется в виду выделять: предстоящие потери при отработке, предстоящие потери в целиках, остающиеся от их вычитания индустриальные запасы, а в их числе — подготовленные для добычи.

Ф. Штаммбергер, опубликовавший в последние годы ряд интересных обзорных статей по вопросам, касающимся подсчета запасов [1955, 1956], предлагает свою интерпретацию категорий запасов, принятых в Советском Союзе. Согласно этой классификации запасы делятся на пять категорий:  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$ ,  $C_1$  и  $C_2$ . Запасы категории  $A_1$  Штаммбергер называет абсолютно доказанными (*absolut sichere*), запасы категории  $A_2$  — доказанными (*sichere*), запасы категории  $B$  — известными (*bekannte*), запасы категории  $C_1$  — вероятными (*wahrscheinliche*), запасы категории  $C_2$  — предполагаемыми (*vermutete*).

Г. Рэ [1956] разделил все месторождения по сложности их строения и степени концентрации в них ценного компонента на три группы, затем оценил возможную ошибку в определении границ для каждой группы месторождений по первым из четырех категорий запасов в понимании Ф. Штаммбергера и, исходя из этого, предложил оптимальные расстояния между разведочными пересечениями для разведки запасов определенных категорий каждой группы месторождений; ошибка в определении запасов принимается по категории  $A_1 \pm 5\%$ , по категории  $A_2 \pm 20\%$ , по категории  $B \pm 40\%$  и по категории  $C_1$  от  $-95$  до  $+100\%$ .

В странах народной демократии в настоящее время принимается за основу классификация запасов, разработанная в Советском Союзе. В нее вносятся лишь некоторые изменения, отвечающие особенностям разведки и эксплуатации месторождений в этих странах. Например, в Польской Народной Республике с 1952 г. принято разделение запасов минерального сырья на четыре категории  $A$ ,  $B$ ,  $C_1$  и  $C_2$ , без разделения запасов группы  $A$  на  $A_1$  и  $A_2$ , так как польские геологи считают, что это разделение не оправдывается реальными условиями геологоразведочных и горных работ.

Интересные материалы по классификации запасов содержатся в трудах отдельных сессий Международного Геологического Конгресса (МГК), на которых обсуждались проблемы геологии некоторых групп полезных ископаемых. Хотя при этом производилась широкая, обобщающая оценка ресурсов минерального сырья крупных областей, групп месторождений, отдельных стран и земного шара в целом, что накладывало определенный отпечаток на подход к классификации запасов, тем не менее некоторые стороны этих классификаций представляют определенный интерес.

При подсчете запасов железных руд для XI сессии МГК (Швеция, 1910) впервые в истории классификации запасов минерального сырья были введены буквенные индексы для категорий запасов. Выделялись категории:  $A$  — запасы месторождений, для которых могут быть сделаны надежные вычисления их размеров, основанные на точных данных разведочных работ;  $B$  — запасы месторождений, для которых можно

получить лишь весьма приближенное определение размеров; С — запасы месторождений, которые вовсе не могут быть определены в цифровом выражении.

К. И. Богданович [1911], оценивающий для этой сессии МГК запасы железных руд России, несколько отошел от указанной классификации, приблизив распределение их к категориям Лондонского института горного дела и металлургии, но с цифровым определением «возможных» запасов.

На XII сессии МГК (Канада, 1913) обсуждалась проблема геологии угля и рассматривались ресурсы угольных месторождений мира. Для этого выделялись следующие категории запасов: 1) *действительные* (actual reserves), вычисление которых основано на знании действительной мощности и протяжения пластов; 2) *вероятные* (probable reserves), определение которых может быть получено лишь приближенно; 3) *возможные* (possible reserves), определение которых в цифрах не может быть дано.

При этом запасы угля для каждой категории разделялись на две группы: а) угли, расположенные на глубинах, выгодных для эксплуатации в настоящее время; б) угли, расположенные более глубоко, но эксплуатация которых возможна в будущем.

На XVII сессии МГК (СССР, 1937) И. М. Губкин в своем докладе о мировых запасах нефти выделял пять категорий запасов: 1) подготовленные ( $A_1$ ); 2) разведанные ( $A_2$ ); 3) видимые (В); 4) предполагаемые ( $C_1$ ); 5) перспективные ( $C_2$ ).

Обращает на себя внимание необычайно широкий подход И. М. Губкина к учету запасов последней категории. Если в числе предполагаемых запасов ( $C_1$ ) учитывались ресурсы на эксплуатационных и разведочных площадях, то в категорию перспективных ( $C_2$ ) входили запасы в еще не установленных структурах, о наличии которых делается только предположение, основанное на геологических соображениях.

До Октябрьской Социалистической революции и в первые годы Советской власти в нашей стране пользовались разделением запасов на три категории: *действительные*, *вероятные* и *возможные*. Однако, принимая во внимание особую важность правильной оценки запасов минерального сырья для государственного планирования горной промышленности в Советском Союзе и, имея в виду произвольность толкования вышеуказанных трех категорий запасов, уже в 20-х годах началась разработка более совершенной классификации их.

Одну из таких классификаций излагал И. С. Васильев [1929] в своих лекциях для студентов Томского технологического института [1923—1924 гг.] и Ленинградского горного института (с 1925 г.). По этой классификации предусматривалась возможность выделения следующих категорий запасов: 1) *вскрытые*, — подготовленные для добычи; ошибка в их определении не более 5%; 2) *детально разведанные*, — контуры которых увязаны хотя бы редкой сетью выработок и скважин; возможная ошибка в их определении не должна быть более 10%; 3) *вероятные*, — представляющие минимальный достоверный запас, установленный на основании геологических исследований и предварительной разведки; ошибка в их определении может быть велика, но всегда в сторону уменьшения; 4) *геологически возможные*, — представляющие возможные максимальные запасы, определяемые на основании геологических предположений о размерах тел полезных ископаемых, выходы которых установлены.

Несколько позже выступил со своим предложением о классификации запасов А. К. Болдырев [1926]. Схема этого предложения сводилась к следующему: А — разведанные и подготовленные; В — разведанные, но не подготовленные;  $C_1$  — неразведанные минимальные;  $C_2$  — нераз-

веданные максимальные;  $A + B + C_1$  — суммарные минимальные;  $A + B + C_2$  — суммарные максимальные запасы.

В связи с государственной важностью создания рациональной классификации запасов, руководство по этим работам в 1925 г. было поручено специальной комиссии Геологического комитета. Через два года, в результате деятельности комиссии и отдельных лиц, были подготовлены два варианта классификации, один из которых объединял идеи А. К. Болдырева и И. С. Васильева, получив название классификации Болдырева-Васильева, а другой был предложен Н. И. Трушковым.

В проекте классификации Болдырева-Васильева запасы делились на четыре категории: 1) *подготовленные*; 2) *разведанные*; 3) *неразведанные (предполагаемые) минимальные*; 4) *неразведанные (предполагаемые) максимальные*. Здесь подчеркивалась необходимость производить подсчет запасов по сортам минерального сырья и указывалось на назначение отдельных категорий для горной промышленности.

По проекту классификации Н. И. Трушкова предполагалось запасы разделить на три категории: 1) *достоверные* — подготовленные и вполне разведанные; 2) *вероятные* — частично подготовленные и разведанные; 3) *возможные* — неразведанные.

Позже Н. И. Трушков [1934] развил свое предложение в книге по экспертизе рудных месторождений, выделив признаки для отнесения к той или иной категории и указав на промышленное значение различных категорий запасов.

В 1927 г. Геологический комитет выпустил обращение к горным, геологическим и иным учреждениям и отдельным лицам с просьбой принять участие в обсуждении классификации запасов в целом и наметившихся двух ее вариантов в частности. В связи с этим обращением на страницах горной и геологической периодической печати вспыхнула дискуссия, в которой приняли участие, кроме авторов проектов классификаций, также Н. Паршин [1927], Н. И. Берлинг [1927], П. А. Пальчинский [1927], Г. Р. Деринг [1927], П. Н. Марков [1928], Н. Михеев [1928], Д. Ортенберг [1928], В. Томилин [1928].

Высказывания участников дискуссии были противоречивы, но содержали много интересных мыслей по отдельным сторонам подхода к подсчету запасов. В частности, Н. Михеев [1928] рекомендовал учитывать при классификации запасов степень сложности месторождений и впервые предложил разделять тела полезных ископаемых для этой цели на три группы: а) *более или менее правильные по залеганию и постоянные по составу*; б) *правильные по залеганию, но непостоянные по составу*; в) *неправильные по залеганию и непостоянные по составу*.

Ввиду разнообразия взглядов, выявившихся в результате обмена мнений, Геологический комитет отказался от попыток согласовать применявшиеся ранее и вновь выдвинутые классификации и утвердил в 1928 г. новую классификацию, заменив словесные выражения разных категорий запасов буквенными обозначениями и положив в основу деления назначение той или иной категории запасов соответственно реальным требованиям народного хозяйства [Н. И. Трушков, 1934]<sup>1</sup>.

Как известно, по классификации Геолкома 1928 г. запасы разделялись на группы А ( $A_1$  и  $A_2$ ), В и С ( $C_1$  и  $C_2$ ); указывалось назначение запасов и характеристика материалов, необходимая для отнесения запасов к определенной категории (по степени разведанности).

Классификация Геолкома, поставившая на первое место признак народнохозяйственного использования запасов, сказала новое слово в подходе к оценке ресурсов минерального сырья, но была недостаточно совершенна и заставила искать более удовлетворительные формы рас-

<sup>1</sup> Эта классификация, предложенная Геологическим Комитетом в 1928 г., часто ошибочно называется классификацией 1927 г.

предела запасов по категориям. Предложения по уточнению этой классификации обсуждались на специальном совещании Госплана СССР весной 1932 г., а в феврале 1933 г. Президиум Госплана утвердил уточненную классификацию. В ней по-прежнему выделялись пять категорий (групп):  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$ ,  $C_1$  и  $C_2$ , — намечаемых по признаку назначения и степени разведанности запасов. Таким образом, она представляла несколько отредактированное издание классификации Геологического Комитета.

Эта классификация не отвечала возможности использования ее для всех групп месторождений, особенно для месторождений, разведка запасов которых до высоких категорий, как это требовалось по таблице классификации, была невозможна. В нее вносились ведомственные изменения и вскоре она утратила смысл универсального государственного документа. Приведение классификации в соответствие с современными требованиями народного хозяйства было поручено АН СССР. За это в 1936 г. взялась группа Горного дела отделения технических наук, привлекая к разработке проекта классификации большое количество учреждений и организовавшая всестороннее обсуждение как общих принципов классификации, так и выдвинутых для рассмотрения проектов. В обсуждении проблемы принимало участие 38 организаций и более 100 отдельных специалистов (А. А. Гапеев, И. М. Губкин, В. М. Крейтер, С. В. Кумпан, В. А. Обручев, К. Л. Пожарицкий, М. М. Терпигорев, Н. П. Трушков, А. А. Скочинский и др.). В январе 1939 г. Президиум АН СССР одобрил проект классификации запасов (твердых полезных ископаемых), разработанный группой Горного дела, и передал его на утверждение Правительству. По этому проекту запасы классифицировались по трем группам ( $A$ ,  $B$  и  $C$ ) и шести категориям ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $C_1$  и  $C_2$ ); для каждой категории учитывались общие признаки, разведанность и изученность запасов, а также их промышленное значение; допустимая предельная погрешность учитываемого количества запасов ориентировочно определялась для категории  $A_1$   $\pm 10\%$ ,  $A_2$   $\pm 20\%$ ,  $B_1$   $\pm 30\%$ ,  $B_2$   $\pm 50\%$ .

Проект классификации запасов полезных ископаемых, разработанный АН СССР, рассматривался и был откорректирован в Комитете по делам геологии при СНК СССР, а затем в феврале 1941 г. был утвержден Советом Народных Комиссаров СССР.

Таблица и общие положения классификации твердых полезных ископаемых 1941 г. существенно отличались от проекта АН СССР: выделялось пять категорий (вместо шести), отсутствовало числовое определение точности подсчета запасов для отдельных категорий и было сокращено описание признаков для отнесения запасов к той или иной категории. По этой классификации запасы разделялись на пять категорий ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$ ,  $C_1$  и  $C_2$ ), намечаемых по признакам детальности разведки и полноты изучения технологических свойств минерального сырья; для каждой категории запасов указывалось промышленное назначение их. В последующие годы производилась работа по редакционному уточнению классификации и определению промышленного использования запасов. В январе 1953 г. Совет Министров СССР утвердил новую, в настоящее время действующую Классификацию запасов месторождений твердых полезных ископаемых. В ней по-прежнему выделяются те же пять категорий, для отнесения запасов к которым, наряду с признаками по степени разведанности и технологической изученности минерального сырья, определяются требования по выявлению горнотехнических условий разработки месторождений. Полное описание этой классификации приведено ниже (часть IV, гл. XIV).

При разведке и эксплуатации месторождений нефти и газа запасы их до 1933 г. разделяли на действительные, вероятные и возможные.

В 1937 г. И. М. Губкиным в докладе на XVII сессии Международного Геологического Конгресса была предложена для месторождений нефти и газа вышеупомянутая классификация запасов, утвержденная еще ранее в феврале 1933 г. Госпланом. Она и применялась в практике геологов-нефтяников до 1942 г., когда была принята официальная классификация запасов нефти и газа. В ней выделялось пять категорий запасов ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$ ,  $C_1$ , и  $C_2$ ) по степени подготовленности, разведанности и геологической изученности; было уточнено содержание самой низкой категории ( $C_2$ ), к которой рекомендовалось относить лишь установленные благоприятные в отношении нефтеносности структуры и площади. Для каждой категории запасов по аналогии с классификацией запасов твердых полезных ископаемых определялось их промышленное значение. На основе этой классификации создана действующая в настоящее время классификация запасов нефти и горючих газов, утвержденная 31 мая 1955 г. Специальная классификация запасов подземных вод была утверждена 22 декабря 1950 г. Обе эти классификации детально описаны ниже (часть IV, гл. XV).

Параллельно с развитием принципов классификации запасов формировались и методы подсчета запасов. В зарубежных странах, в основном в США, разрабатывались преимущественно методы подсчета запасов на действующих предприятиях с вскрытыми, подготовленными для добычи и даже эксплуатирующимися запасами, а в нашей стране создавались главным образом методы подсчета запасов на разведываемых площадях.

Советский Союз является родиной некоторых методов подсчета запасов как твердых, так и жидких, а также газообразных полезных ископаемых.

В 1908 г. В. И. Бауман разработал метод изогипс для подсчета запасов выдержанных по мощности пластов каменного угля типа Донбасса (метод Баумана). В 1914 г. А. К. Болдырев на примере подсчета запасов расшурфованной россыпи предложил метод многоугольников (метод Болдырева).

В 1920 г. Ф. Н. Шклярский теоретически обосновал и практически применил при подсчете запасов железорудных месторождений Липецкого района метод изолиний; углубил и развил этот метод П. К. Соболевский и его школа (П. А. Рыжов, Д. Н. Оглоблин и др.).

В 1936 г. А. С. Золотарев и в 1952 г. А. П. Прокофьев предложили методы подсчета запасов при непараллельных разведочных сечениях.

В 1950 г. В. И. Смирнов обосновал условия применения подсчета запасов по методу геологических блоков.

А. М. Коншиным в 1894 г. впервые была составлена кривая постоянного процентного падения дебита по Балахано-Сабунчино-Раманинской площади, положившая начало развитию статистического метода при подсчете запасов нефти. С. И. Черноцкий [1922] развил этот метод и широко использовал его для подсчета запасов нефти в Грозненском и Майкопском районах. В 1927—1928 гг. В. В. Билибин в Баку и М. А. Жданов в Грозном провели значительную работу по внедрению в практику подсчета запасов методом математической статистики. Этот метод, особенно детально разработанный В. В. Билибиным для бакинских месторождений, устранял субъективность в использовании разного рода кривых для подсчета запасов.

В тридцатых годах бакинскими геологами (В. В. Билибин, М. В. Абрамович и др.) был предложен объемно-статистический метод подсчета запасов нефти и вытекающие из этого метода важные соображения, требовавшие пересмотра применявшихся до того при подсчете запасов параметров, особенно величины коэффициента отдачи.

В 1930 г. М. А. Жданов выступил с изложением элементов впоследствии развившегося метода материального баланса для подсчета запасов нефти (сообщение опубликовано в 1934 г.).

Можно также отметить существенные достижения в области методов учета запасов подземных вод. Эти методы основаны на известных способах расчета расхода подземного потока Дарси, опубликованных в 1856 и позднее, в 1923 г., усовершенствованных А. и Г. Тимами, Е. Принцем и др.

Совершенствованием и разработкой новых методов учета запасов подземных вод занимался ряд советских гидрогеологов. Методику оценки общего баланса подземных вод разрабатывали Г. Н. Каменский [1943, 1947] и др., Г. В. Богомолов [1933], Н. А. Плотников [1934, 1936] и др., В. Н. Шелкачев [1947], Б. И. Куделин [1949] и др.; методику оценки эксплуатационных запасов подземных вод — Н. А. Плотников [1934, 1936] и др., Г. Н. Каменский [1943, 1947] и др., М. Е. Альтовский [1947] и др.; методику оценки карстовых вод — О. Б. Скиргелло [1947].

Горные инженеры и инженеры-геологи Советского Союза всегда уделяли большое внимание рационализации подсчета запасов. По этому вопросу опубликована большая литература, список которой приведен в конце книги.

Ценный теоретический и методический материал содержится в инструкциях Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых — ГКЗ (ранее ВКЗ) по применению классификации запасов для разных групп полезных ископаемых; эти инструкции издавались с 1941 г. под руководством Ф. А. Шутлива, с 1945 по 1946 г. под руководством П. М. Татарнинова, с 1946 по 1950 г. под руководством В. И. Смирнова и с 1950 по 1957 г. под руководством [М. П. Ложечкина], а позднее под наблюдением И. И. Малышева. Эти инструкции систематически обновлялись, расширялись и в данный момент в комплект изданных или подготовленных для печати инструкций входят более сорока наименований, охватывающих важнейшие разновидности минерального сырья. Как в прошлом, так и в настоящее время ГКЗ вела и ведет большую работу не только по рассмотрению и утверждению запасов всех видов минерального сырья Советского Союза, но и по рационализации методики подсчета запасов, способствующей прогрессу геологоразведочного дела в нашей стране.

Геологические основы подсчета запасов. Оконтуривание площадей тел полезных ископаемых для подсчета запасов, разделение их на участки разных категорий, выявление параметров и выбор рациональных методов подсчета представляют собой операции геологические. Правильное их производство зависит от тщательного изучения геологического строения месторождения и верного толкования результатов этого изучения. Недостатки геологической документации и геологических исследований не могут компенсироваться ни одним методом подсчета запасов, как бы он хорош не был. Поэтому в основе любого квалифицированного подсчета запасов должен лежать полноценный геологоразведочный материал, определяющий структуру участка месторождения, морфологию и внутреннее строение тел полезных ископаемых, а также их петрографический, минералогический, химический состав и технологические свойства.

Наиболее ответственной операцией подсчета запасов является оконтуривание площадей тел полезных ископаемых. Если проведение внутреннего контура подсчета запасов, опирающегося на выработки и скважины, не представляет большой сложности, то нанесение внешнего контура, определяющего площади для подсчета за пределами разведанной части месторождения, является делом сложным и ответственным. Этот объемлющий контур может быть обоснованно намечен лишь в случае внимательного изучения геологической структуры и правильного понимания генетического типа месторождения. Принципы для такого оконтуривания должны быть различны для разных генетических групп месторождений.

В месторождениях магматических существенное значение для оконтуривания имеет определение площадей развития тех дифференциатов ультраосновных, основных или щелочных пород, с которыми связаны залежи полезных ископаемых. В месторождениях пегматитовых наиболее ответственным является проведение нижней границы распространения тела полезного ископаемого, уровень которой нередко намечается в соответствии с закономерностью изменения качества пегматитов с глубиной. Контуры промышленных частей скарновых месторождений определяются в соответствии с очертанием того участка контакта различных пород, к которому приурочены скарны, т. е. участка, структурно благоприятного для локализации полезного ископаемого. Среди разнообразных гидротермальных месторождений два главных фактора определяют контуры тел полезных ископаемых: глубина их формирования и наличие благоприятных геологических структур; для глубинных месторождений, контролируемых выдержанными структурными элементами, контур может проводиться смелее и шире, чем для приповерхностных месторождений или залежей, приуроченных к мелким геологическим структурам. Обоснованное нанесение границ распространения тел полезных ископаемых осадочного происхождения невозможно без фациального анализа вмещающих их пород. Точно так же в основе полного оконтуривания россыпей и месторождений коры выветривания должен находиться материал по их геоморфологической характеристике. Площадь залежей нефти и горючих газов может быть правильно намечена в случае четкого выявления структурно-литологических факторов, контролирующих нефтегазоносность.

Документами, на основе которых может быть произведено убедительное оконтуривание площадей тел полезных ископаемых для подсчета их запасов, служат геологические, геологоструктурные и геологолитологические карты с соответствующими по ним разрезами. В ряде случаев ценную помощь для оконтуривания тел полезных ископаемых оказывают геофизические карты. Такие карты, квалифицированно составленные, позволяют вскрыть особенности геологического строения месторождений полезных ископаемых, а также правильно и научно обоснованно наметить контуры залежей. В большинстве случаев при отсутствии детальных геологических карт, охватывающих не только отдельные участки, но и всю площадь месторождения, полноценное нанесение контуров тел полезных ископаемых невозможно.

Геологические материалы, относящиеся к внутренней части тел полезных ископаемых, необходимые для подсчета запасов, объединяются в три группы.

К *первой группе* принадлежат данные о геологической структуре тел полезных ископаемых, связанные с изменением сортов минерального сырья в контурах залежей, а также с характером и амплитудой тектонических деформаций, нарушающих тела полезных ископаемых. Эти сведения необходимы для проведения вспомогательных контуров внутри общей площади подсчета запасов, расчленяющих залежи на естественные геологические блоки. Такие границы выявляются в процессе разведки месторождений и детального геологического картирования отдельных участков месторождения как на уровне выходов коренных пород на дневную поверхность, так и на различных глубинах под землей.

Ко *второй группе* относятся данные о вещественном составе минерального сырья. Полноценное исследование петрографического, минералогического, химического состава и технологических свойств вещества полезных ископаемых является неперенным условием для выделения природных сортов минерального сырья, определения путей их практического использования и установления промышленных кондиций. Особенно важно тщательное изучение минералогии и химии твердых полез-

ных ископаемых, из которых извлекаются те или иные ценные соединения или элементы для определения полного перечня разного рода спутников и примесей, учет и организация комплексной добычи которых может существенно повысить ценность минерального сырья.

К третьей группе принадлежат сведения, характеризующие степень изменчивости морфологии, элементов залегания и состава тел полезных ископаемых. Эти данные необходимы, с одной стороны, для выбора правильной методики разведки, с которой тесно связан выбор соответствующих методов подсчета запасов, а с другой, — для разумной классификации запасов. Известно, что чем сложнее морфология, элементы залегания и состав тел полезных ископаемых, чем выше размах изменений морфологических и качественных показателей тел полезных ископаемых, тем ниже будет категория запасов при одной и той же плотности разведочной сети. Основными геологическими элементами, определяющими возможность разведки месторождения горными выработками или буровыми скважинами, плотность разведочной сети и категории запасов, являются: 1) размеры тел полезных ископаемых, 2) изменчивость их морфологии и 3) изменчивость состава минерального сырья.

Чем больше площадь тела полезного ископаемого, тем большим количеством пересечений его можно разведать, точность разведки будет выше и общие запасы, выявленные такой разведкой, смелее можно отнести к высоким категориям.

При увеличении частоты и размаха колебаний в изменении элементов залегания и мощности тел полезных ископаемых, а также степени тектонической нарушенности должна быть плотнее сеть разведочных пересечений или ниже категория запасов.

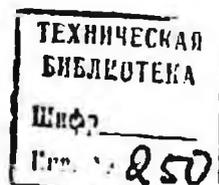
Изменчивость состава минерального сырья оценивается по степени прерывистости (продуктивности) минерального сырья и размаху колебаний в содержании в нем ценных и вредных компонентов. Чем более прерывисты по чередованию кондиционных участков тела полезных ископаемых и выше размах колебаний в содержании компонентов в минеральном сырье, тем скорее такие месторождения должны разведываться горными выработками, плотнее должна быть сеть разведочных пересечений или ниже категория подсчитываемых запасов.

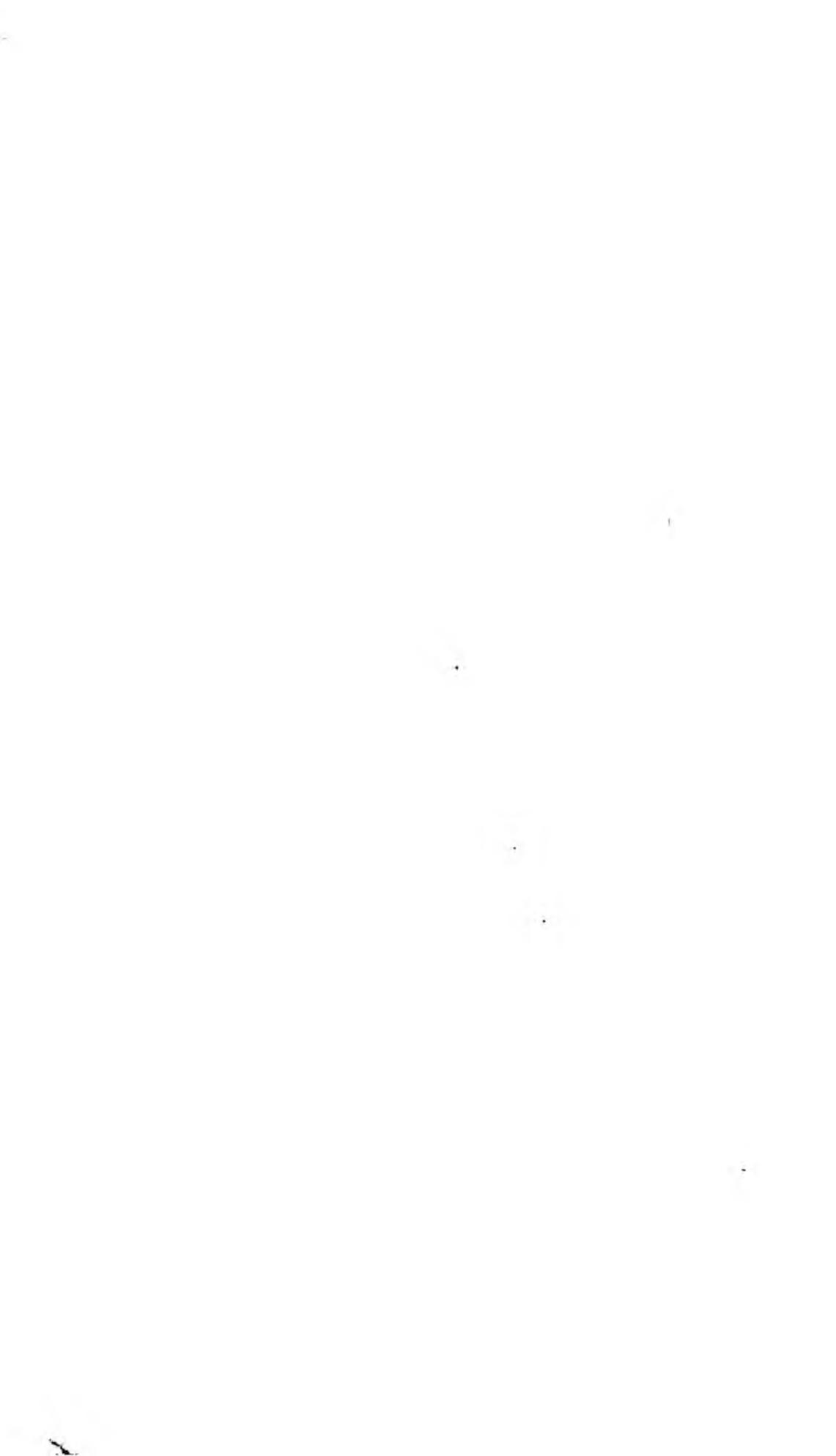
Так как подсчет запасов производится на основе вычисления средних параметров, характеризующих размеры и качество минерального сырья по участкам и месторождению в целом, то и показатели морфологической и качественной изменчивости тел полезных ископаемых должны оцениваться по отношению к этим средним величинам. Поэтому основным приемом выявления и оценки таких показателей являются статистические расчеты и формулы, прилагаемые к совокупности данных по замерам мощностей и результатам анализов геологических проб, правильно отбираемых в пределах естественных блоков разведываемых месторождений.

Геологические данные требуются также для характеристики горно-технических свойств и гидрогеологических особенностей разведываемых месторождений, полнота изучения которых определяет, наряду с другими показателями, возможность отнесения запасов к той или иной категории.

Из вышесказанного видно, что в основе оценки и подсчета запасов любого месторождения полезных ископаемых должны находиться полноценные и глубокие геологические сведения. Всякого рода графические и вычислительные действия, без которых невозможен подсчет запасов, представляют всего лишь вспомогательную, чисто техническую работу. Важность тщательного выполнения этой работы нельзя приуменьшить, но постоянно надо стремиться к тому, чтобы она не закрывала геологическую сущность, составляющую основу любого подсчета запасов.

ЧАСТЬ I  
ИСХОДНЫЕ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ  
К ПОДСЧЕТУ ЗАПАСОВ





## ГЛАВА I

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАПАСОВ

Запасы какого-либо компонента, например металла в недрах рудного месторождения, определяются по следующей общей формуле:

$$P = Qc, \quad (1)$$

где  $P$  — запасы компонента, например металла;  
 $Q$  — запасы минерального сырья, например руды;  
 $c$  — среднее содержание компонента в контуре подсчитываемых запасов, например среднее содержание металла в руде.

Если  $c$  выражено в процентах, то

$$P = Q \frac{c}{100}. \quad (2)$$

Запасы минерального сырья  $Q$ , в свою очередь, определяются по формуле:

$$Q = Vd, \quad (3)$$

где  $V$  — объем тела полезного ископаемого или части его, по которой производится подсчет запасов;  
 $d$  — объемный вес минерального сырья в недрах.

Объем тела полезного ископаемого или части его, по которой подсчитываются запасы, определяется обычно по формуле:

$$V = Sm, \quad (4)$$

где  $S$  — площадь тела полезного ископаемого или части его, по которой производится подсчет запасов (чаще всего нормальная к мощности);

$m$  — средняя мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчитываемых запасов.

Подставляя значения отдельных параметров в формулу (1), запасы полезного компонента в недрах можно выразить в следующем виде:

$$P = Smdc \quad (5)$$

или

$$P = \frac{Smdc}{100}. \quad (6)$$

Следовательно, для подсчета запасов твердых полезных ископаемых и для некоторых способов подсчета запасов жидких и газообразных полезных ископаемых необходимо знать следующие основные параметры:  $\bar{Q}$  — среднюю мощность тела полезного ископаемого в пределах площади подсчета запасов, измеряемую в метрах;  $S$  — площадь тела полезного ископаемого или его части, в пределах которой производится подсчет запасов, измеряемую в квадратных метрах;  $d$  — объемный вес минерального сырья в пределах контура подсчитываемых запасов;  $c$  — среднее содержание полезного компонента в пределах контура подсчитываемых запасов, выраженное в граммах на тонну (на  $m^3$ ) или в процентах, если помимо запасов минерального сырья подсчитываются и запасы заключенных в нем ценных компонентов.

Для некоторых способов подсчета запасов жидких и газообразных полезных ископаемых требуется знать дополнительные параметры, такие как: пористость, коэффициент насыщения, коэффициент отдачи, давление, температуру, дебит и др.

Запасы минерального сырья в недрах ( $Q$ ) обычно определяются в следующих единицах: 1) запасы руды коренных металлических месторождений, преобладающего большинства остальных видов твердых полезных ископаемых и нефти — в тысячах тонн; 2) запасы песков россыпных месторождений, кирпичных глин, изверженных пород для строительных целей, строительных известняков, мраморов, подземных вод и горючих газов — в тысячах или миллионах кубических метров; 3) запасы подземных вод, содержащих бром, иод, поваренную соль и другие полезные ископаемые, обычно учитываются в литрах в секунду.

Запасы компонентов учитываются в большинстве случаев в тоннах или тысячах тонн. При этом для железа, марганца, хрома, ванадия и алюминия определяются только запасы сырой руды ( $Q$ ) и среднее содержание металла в ней ( $c$ ), а запасы металлов ( $P$ ) не вычисляются. Запасы благородных металлов (золота, платины, серебра) определяются в килограммах. Запасы алмазов подсчитываются в каратах или в граммах (1 карат = 200 мг).

Перечень основных полезных ископаемых с указанием единиц измерения запасов и порядка цифр, определяющих полноту учета, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Перечень полезных ископаемых с указанием единиц измерения запасов и порядка цифр, определяющих полноту учета запасов

Наименование полезного ископаемого	Единицы измерения запасов	Точность учета запасов
Абразивы (корунд, наждак)	тыс. т	до единицы
Алмазы	пески — тыс. $m^3$ алмазы — карат	" "
Алунит	руда — тыс. т	до 0,1
Апатит	минерал — тыс. т	до единицы
Асбест	руда — тыс. т	" "
Асфальты и битумы	асбест — тыс. т	" "
Барит и виверит	тыс. т	до 0,1
Бериллий	руда — тыс. т	до единицы
Бокситы	руда — тыс. т	" "
Бораты	окись бериллия — т	до 0,1
	тыс. т	до единицы
	руда — тыс. т	" "
	окись бора — тыс. т	до 0,1

Наименование полезного ископаемого	Единицы измерения запасов	Точность учета запасов
Бром	В каменной соли и озерах — т; в глубинных водах — л/сек	до единицы
Ванадий	руда — тыс. т	• •
Висмут	пятиокись ванадия — т руда — тыс. т	• •
Вольфрам	висмут — т руда — тыс. т	• •
Высокоглиноземное сырье (кнанит, андалузит, силлиманит и др.)	пески — тыс. м <sup>3</sup> трехокись вольфрама — т руда — тыс. т	• •
Газы	минерал — тыс. т	• •
Гипс, ангидрит и глиногипс (гажа, ганч)	млн. м <sup>3</sup> тыс. т	• •
Глины адсорбционные	тыс. т	• •
Глины огнеупорные и тугоплавкие	тыс. т	• •
Графит	руда — тыс. т	• •
Доломит	тыс. т	• •
Железные руды	тыс. т	• •
Золото	руда — тыс. т пески — тыс. м <sup>3</sup>	• •
Известняк флюсовый	золото — кг тыс. т	до 0,1 до единицы
Индий	руда — тыс. т	• •
Йод	индий — т	до 0,1 до единицы
Кадмий	В водах сопочной грязи и в водах озер — т; в глубинных водах — л/сек руда — тыс. т	• •
Каолин	кадмий — т тыс. т	до 0,1 до единицы
Кварц и кварциты	тыс. т	• •
Кобальт	руда — тыс. т	• •
Литий	кобальт — т руда — тыс. т	• •
Магнезит	окись лития — т тыс. т	• •
Марганцевые руды	тыс. т руда — тыс. т	• •
Медь	руда — тыс. т медь — тыс. т	до 0,1 до единицы
Молибден	руда — тыс. т молибден — тыс. т	• •
Мышьяк	руда — тыс. т мышьяк — т	• •
Нефелин	руда — тыс. т	• •
Нефть	тыс. т	• •
Никель	руда — тыс. т никель — т	• •
Ниобий и тантал	руда — тыс. т пятиокись ниобия и тантала — т	до 0,1 до единицы
Озокерит	т руда — тыс. т	• •
Олово	пески — тыс. м <sup>3</sup> олово — т	• •
Пески стекольные	тыс. т	• •
Пиррофиллит	тыс. т	• •

Наименование полезного ископаемого	Единицы измерения запасов	Точность учета запасов
Плавниковый шпат	руда — тыс. <i>m</i>	до единицы
	минерал — тыс. <i>m</i>	• •
	руда — тыс. <i>m</i>	• •
Платина и платиноиды	пески — тыс. <i>м<sup>3</sup></i>	• •
	платина — кг	до 0,1 до единицы
Пьезооптическое сырье (исландский шпат, оптический кварц и флюорит)	руда — тыс. <i>m</i>	• •
Редкие и рассеянные элементы (галлий, рений, рубидий, цезий, таллий и др.)	элементы — <i>m</i>	до 0,1
Ртуть	руда — тыс. <i>m</i>	до единицы
	ртуть — <i>m</i>	• •
Свинец и цинк	руда — тыс. <i>m</i>	• •
	свинец, цинк — тыс. <i>m</i>	до 0,1
Селен и теллур	руда — тыс. <i>m</i>	до единицы
	селен, теллур — <i>m</i>	до 0,1
Сера	руда — тыс. <i>m</i>	до единицы
	сера — тыс. <i>m</i>	• •
Серебро	руда — тыс. <i>m</i>	• •
	серебро — <i>m</i>	до 0,1
Серный колчедан	тыс. <i>m</i>	до единицы
Сланцы горючие	тыс. <i>m</i>	• •
Слюда	слюда сырец — <i>m</i>	• •
Сода	тыс. <i>m</i>	• •
Соль глауберова (мирабилит, тенарзит, сернокислый натрий)	тыс. <i>m</i>	• •
Соль калийная	сырые соли — тыс. <i>m</i>	• •
	в пересчете на окись калия — тыс. <i>m</i>	• •
Соль магниевая	тыс. <i>m</i>	• •
	каменная и в рапе — тыс. <i>m</i>	• •
Соль поваренная	рассолы — л/сек	• •
	целестин — <i>m</i>	• •
Стронций	руда — тыс. <i>m</i>	• •
Сурьма	сурьма — <i>m</i>	• •
Тальк	тыс. <i>m</i>	• •
	руда — тыс. <i>m</i>	• •
Титан (рутил, ильменит)	двуокись титана — тыс. <i>m</i>	до 0,1
Торий	руда — тыс. <i>m</i>	до единицы
Уголь (каменный, бурый, антрацит, сапропелит, лигнит, богхед)	торий — <i>m</i>	до 0,1
	тыс. <i>m</i>	до единицы
Уран	руда — тыс. <i>m</i>	• •
	уран — <i>m</i>	до 0,1
Формовочные материалы (пески, глины)	тыс. <i>m</i>	до единицы
Фосфориты	руда — тыс. <i>m</i>	• •
Хромиты	концентрат — тыс. <i>m</i>	• •
	руда — тыс. <i>m</i>	• •
Цементное сырье	тыс. <i>m</i>	• •
	руда и минерал — тыс. <i>m</i>	• •
Цирконий	пески — тыс. <i>м<sup>3</sup></i>	• •
	двуокись циркония — <i>m</i>	• •

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчета запасов определяется как по данным буровых работ, так и по данным горных выработок. При этом различают два основных случая: а) определение мощности тела полезного ископаемого, имеющего четкие геологические границы с вмещающими породами, и б) определение мощности тела полезного ископаемого, не имеющих четких геологических границ.

### Определение мощности тел с четкими границами

Для тел полезных ископаемых, имеющих четкие геологические границы с вмещающими породами, мощность может быть определена с точностью до 0,01 м непосредственным замером в горных выработках при их документации и опробовании. Результаты замеров мощности заносятся в журнал опробования. Если по мощности тела полезного ископаемого выделяются различные сорта или типы минерального сырья, то мощность каждого сорта или типа замеряется и указывается в журнале опробования отдельно. Замеры мощности должны быть согласованы с опробованием, которое в этих случаях обычно бывает секционным, как указано на рис. 1.

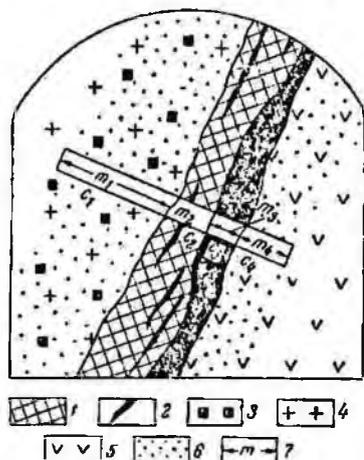


Рис. 1. Схема расположения бороздовых проб при секционном опробовании

1 — карбонатно-магнетитовая руда со слюдяным камнем; 2 — сплошная сульфидная полиметаллическая руда; 3 — вкрапленность сульфидов свинца и цинка; 4 — кварцевые порфиры; 5 — порфириды; 6 — пиритизация; 7 — бороздовые пробы и места замеров мощностей отдельных типов руд —  $m_1, m_2, m_3, m_4$ ; внизу указано содержание полезного компонента в пробах, соответственно —  $C_1, C_2, C_3, C_4$

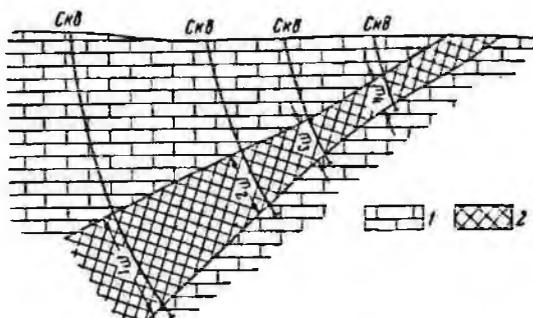


Рис. 2. Схема пересечения тела полезного ископаемого по мощности буровыми скважинами. Буквами  $m_1, m_2, m_3, m_4$  отмечены места замеров мощностей тела полезного ископаемого

1 — известняки; 2 — рудные скарны

В зависимости от принятой методики разведки, разведочные выработки могут либо пересекать тело полезного ископаемого по мощности, либо проследивать его в том или ином направлении. В последнем случае разведочная выработка может либо полностью вскрывать тело полезного ископаемого, либо не выходить за его пределы, и тогда проходят специальные орты или квершлагги, на основании которых и определяют мощность тела полезного ископаемого.

В тех случаях, когда тело полезного ископаемого пересекается только скважинами (рис. 2), количество замеров мощностей соответствует количеству таких пересечений. Если тело полезного ископаемого пересекается горными выработками, например ортами или шурфами, количество определений мощности может быть увеличено за счет дополнительных замеров мощности не по одной, а по двум (и более) стенкам выработки (рис. 3).

В случае непрерывного прослеживания тела полезного ископаемого, полностью вскрываемого забоем разведочной выработки, мощность его замеряется систематически через равные интервалы, как указано на рис. 4. Обычно мощность замеряется в местах отбора проб, интервалы между замерами мощностей совпадают с интервалами между местами отбора проб.

Интервалы между пробами устанавливаются в зависимости от степени неравномерности распределения компонентов (полезных или вредных) в теле полезного ископаемого и колеблются в широких пределах от одного до 50 м. Обычно для определения расстояний между пробами пользуются специальной таблицей, составленной Н. В. Ба-

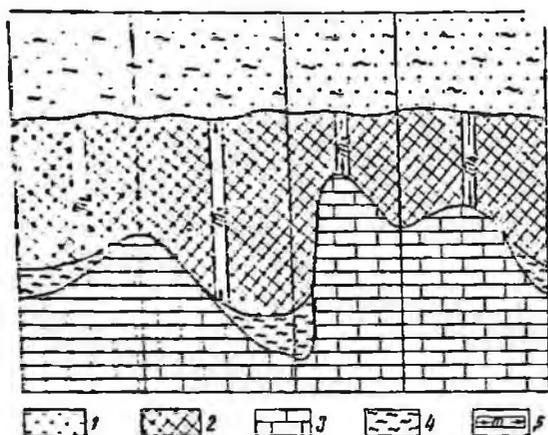


Рис. 3. Схема пересечения тела полезного ископаемого по мощности шурфом (зарисовка четырех стенок шурфа)

1 — взвеси, перекрывающие тело полезного ископаемого; 2 — железная руда; 3 — подстилающие известняки; 4 — глина; 5 — бороздавые пробы, буквами  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  и  $m_4$  отмечены места замеров мощностей тела полезного ископаемого

рышевым в 1937 г. на основании большого количества опытных данных и приведенной ниже в несколько измененном виде (табл. 2).

В приведенной таблице расстояние между пунктами замера мощностей не зависит от изменений мощности тела полезного ископаемого, а подчиняется характеру распределения компонента, содержание которого определяется опробованием. Поэтому в случае, когда тело полезного ископаемого неравномерно по мощности (с частыми раздувами и пережимками), но обладает равномерным содержанием компонентов, следует производить дополнительные замеры мощности тела в промежутках между пунктами опробования. Вопрос о необходимости таких дополнительных замеров мощностей может быть решен путем сопоставления коэффициентов вариации мощности тела полезного ископаемого и содержания ценных компонентов.

Когда коэффициент вариации мощности менее коэффициента вариации содержания компонентов или близок к нему, дополнительные измерения мощности не нужны; если же коэффициент вариации мощности значительно более коэффициента вариации содержания компонентов (на 30—50% и более), то необходимы дополнительные замеры мощности тела полезного ископаемого в промежутках между пробами. Результаты измерений мощности в этом случае заносятся в журнал опробования с отметкой о том, что проба в данном пункте не отбиралась.

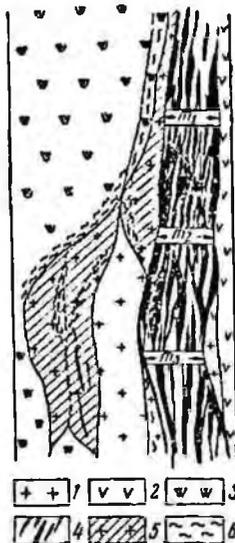


Рис. 4. Схема расположения бороздавых проб и мест замеров мощностей тела полезного ископаемого в выработке, вскрывающей полную мощность тела

1 — кварцевый порфир; 2 — порфирит; 3 — микропорфир; 4 — свинцово-цинковая руда с прожилками крупнозернистого галенита; 5 — измененный кварцевый порфир; 6 — рудосланцевание

Рекомендуемые расстояния между пробами

Группа месторождений	Характер распределения компонентов, подлежащих определению	Коэффициент вариации исследуемых свойств (содержаний компонентов), подлежащих определению	Представители месторождений полезных ископаемых, входящих в данную группу	Рекомендуемые расстояния между пробами, м
I	Весьма равномерный	До 20	Месторождения осадочные: углей, горючих сланцев, стройматериалов, флюсов, цементного сырья, фосфоритов, некоторые месторождения железных и марганцевых руд	50—15
II	Равномерный	20—40	Месторождения осадочные и метаморфические: глины, каолинов, железных руд липецких и тульских месторождений, марганцевых руд типа чнатурских, железных руд Кривого Рога и КМА	15—4
III	Неравномерный	40—100	Месторождения, главным образом магматические, в частности гидротермального генезиса, контактовые и замещения. Преобладающее большинство медных и полиметаллических месторождений, некоторые месторождения никеля, вольфрама, молибдена и золота	4—2,5
IV	Весьма неравномерный	>100	Месторождения, по генезису аналогичные предыдущей группе: некоторые полиметаллические, большинство месторождений олова, вольфрама, молибдена и других редких металлов и золота	2,5—1,0

Более высокая степень изменчивости мощности тела полезного ископаемого по сравнению с изменчивостью содержания компонента в практике встречается редко и наблюдается, например, на некоторых осадочных месторождениях углей, глины и других.

В случае непрерывного прослеживания тела полезного ископаемого в каком-либо направлении разведочной выработкой, которая не вскрывает полную мощность этого тела, в целях опробования и определения мощности, проходят специальные орты и квершлагги, по которым и производят замер мощности. Мощность тела полезного ископаемого определяется как сумма длин бороздовых проб, которые отбираются в ортах или квершлаггах.

В отдельных случаях мощность тела полезного ископаемого в данном сечении может быть вычислена как частное от деления площади сечения этого тела, определяемой по зарисовке забоя, фотографии его или по геологическому плану, на общую протяженность тела в забое,

на фотографии или на плане. Например, пользуясь зарисовкой тела (рис 5) или планом (рис. 6), мощность тела ( $m$ ) может быть определена как частное от деления площади сечения ( $S$ ) на протяженность тела ( $l$ ) в интервале этого сечения:

$$m = S : l \quad (7)$$

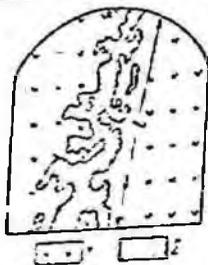


Рис. 5. Зарисовка забоя, вскрывающего тело полезного ископаемого с крайне изменчивой мощностью

1 — вмещающие породы;  
2 — тело полезного ископаемого с площадью сечения  $S$  и протяженностью  $l$

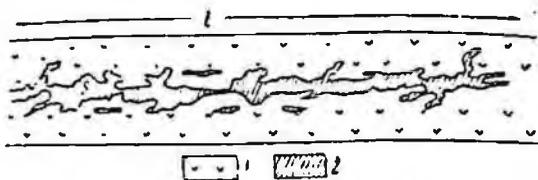


Рис. 6. Зарисовка сложного тела полезного ископаемого в плане

1 — вмещающие породы; 2 — тело полезного ископаемого с площадью сечения  $S$  и протяженностью  $l$

### Определение мощности тел без четких границ

Значительно сложнее определяется мощность тел полезных ископаемых, не имеющих четких геологических контуров и постепенно переходящих во вмещающие породы, что характерно, например, для вкрапленных руд прожилковых залежей, штокверков, россыпных и других месторождений. Детальный разбор определения промышленных контуров тел полезных ископаемых в этих условиях приводится ниже (часть II), здесь же рассматриваются только основные условия определения мощности тел полезных ископаемых.

В этих случаях мощность тел полезных ископаемых определяют исключительно по результатам опробования. Линии опробования выработок, пересекающих тело полезного ископаемого, захватывают ближайшие участки вмещающих пород, и промышленные границы тела проводятся на плане (или на разрезе) по бортовому или минимально-промышленному содержанию полезного компонента в пробах, установленном для данного месторождения. Только после проведения промышленного контура тела полезного ископаемого может быть определена его мощность.

Пример определения мощности тела по результатам химических анализов приведен на рис. 7. В данном случае выделяются два линзовидных, почти горизонтально залегающих рудных тела. Нижнее, основное рудное тело лежит на сланцах (иногда на мраморах) в контакте с серпентинитами и состоит главным образом из карстовой глины, разрушенных сланцев и в меньшей мере серпентинитов с силикатными никелевыми минералами. Верхнее тело расположено среди выветрелых серпентинитов, сложено оно продуктами их разрушения и силикатами никеля. Границы рудных тел неотчетливые и промышленные контуры их определяются только по результатам опробования. При определении промышленных контуров рудных тел бортовое содержание металла в руде принято 0,7%, а для забалансовых запасов — 0,4%.

Другим примером является месторождение, рудная зона которого представляет собой полосу раздробленных гранитов, содержащую большое количество секущих ее коротких жил и прожилков кварца с рудным минералом (рис. 8). Мощность рудных прожилков колеблется от 1 до 40 см. Мощность рудной зоны в пределах контура подсчета запасов изменяется от 2 до 13 м. При подсчете запасов учитывалась

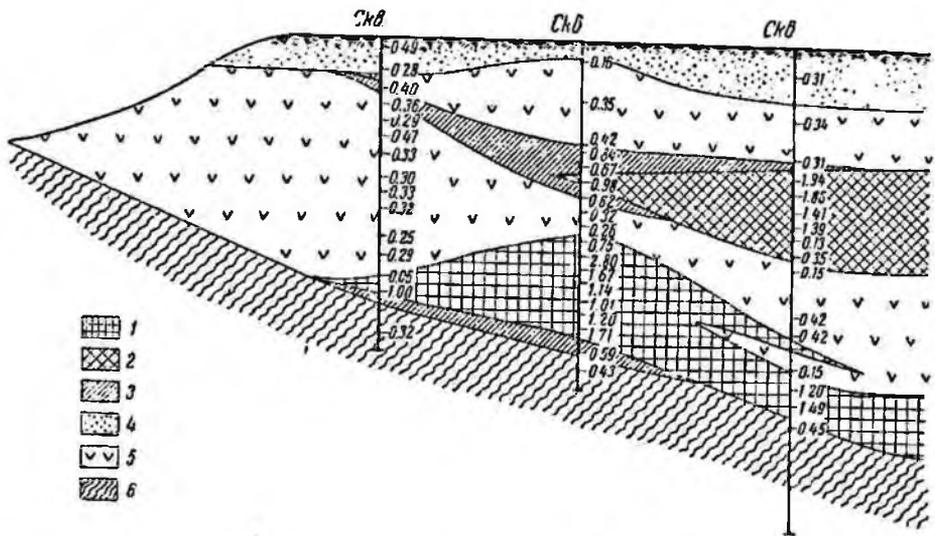


Рис. 7. Схема определения мощности рудных тел на месторождении силикатного никеля по данным опробования

1 — балансовые руды нижнего горизонта; 2 — балансовые руды верхнего горизонта; 3 — забалансовые руды; 4 — бурые глинны с песком; 5 — разрушенный серпентинит, 6 — хлоритовые, талько-хлоритовые и актинолитовые породы

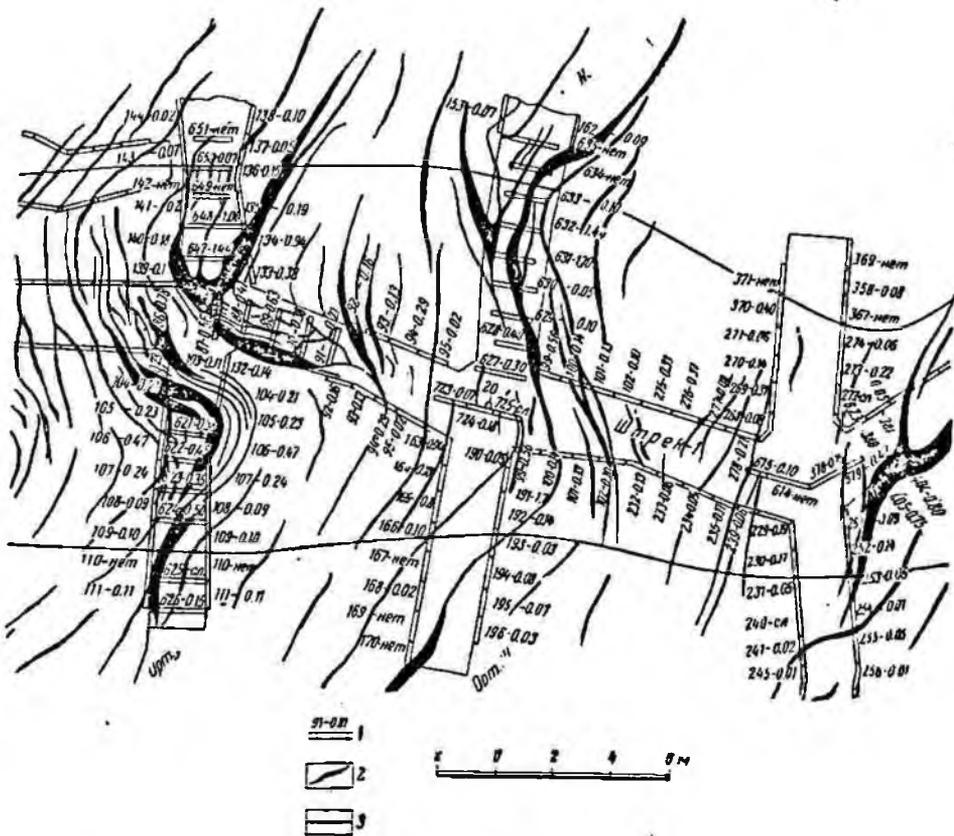


Рис. 8. Схема определения мощности рудной зоны по данным опробования

1 — сорцовые пробы, их номера и содержание металла в процентах; 2 — рудные жилы и прожилки; 3 — контур промышленных руд

рудная зона в целом и оконтуривание промышленной части ее производится по данным химических анализов проб. Минимальное промышленное содержание металла в руде принято 0,3%, бортовое — 0,1%.

За последнее время для уточнения контуров тел полезных ископаемых широко используется подземное бурение, заменяющее во многих случаях рты и квершлагги. Результаты опробования керн или шлама скважин служат основанием для установления промышленной мощности тела полезного ископаемого. Схема использования скважин подземного бурения для определения мощности тела полезного ископаемого приведена на рис. 9.

### Определение мощности тел по буровым скважинам

Мощность тел полезных ископаемых по данным буровых скважин определяется *прямыми* или *косвенными* способами. К *прямым* способам относится определение мощности по керну при колонковом бурении, по извлекаемой змеевиком ленте пород при медленно вращательном бурении в мягких и пластичных породах и по данным опробования шлама при ударном бурении. В последнем случае границы тела полезного ископаемого намечаются по составу крупинок шлама, получаемого в процессе бурения, и окончательно устанавливаются после анализа проб, результаты которого наносятся на геологическую колонку скважины. Для предварительного определения границ тела полезного ископаемого и его мощности при ударном бурении иногда применяют отмывку шлама в лотке с выявлением состава тяжелой фракции раздробленной при бурении породы.

Пример оконтуривания рудного тела на медно-порфировом месторождении по данным химического анализа проб, полученных при ударном бурении, показан на рис. 10.

Главным *косвенным* способом определения мощности тел полезных ископаемых является каротаж скважин.

Помимо каротажа, косвенными методами определения мощности тел полезных ископаемых при бурении являются наблюдения в процессе бурения за изменением скорости углубки скважины и за цветом или составом шлама.

Сопоставление данных прямых и косвенных способов определения мощности залежи при низком проценте выхода керн позволяет принимать окончательное значение мощности, достаточно надежное для подсчета запасов.

### Определение мощности тел при каротаже

Современный каротаж представляет собой комплекс геофизических методов, при помощи которых изучение вскрытого геологического разреза без извлечения керн дает возможность:

а) расчленять разрез по литологическим признакам и устанавливать структуру отдельных горизонтов;

б) выявлять полезные ископаемые (руды сплошные и вкрапленные, угли, нефть, газ);

в) при определенных условиях количественно и качественно оценивать оруденение, угленасыщение, нефтенасыщение и газонасыщение горных пород и разрешать ряд других геологических и технологических вопросов.

В комплексе методов, объединяемых понятием о каротаже, в настоящее время включаются: разнообразные *электрические методы*, основанные на различной электропроводности горных пород и различной их электрохимической активности, как естественной, так и вызванной;

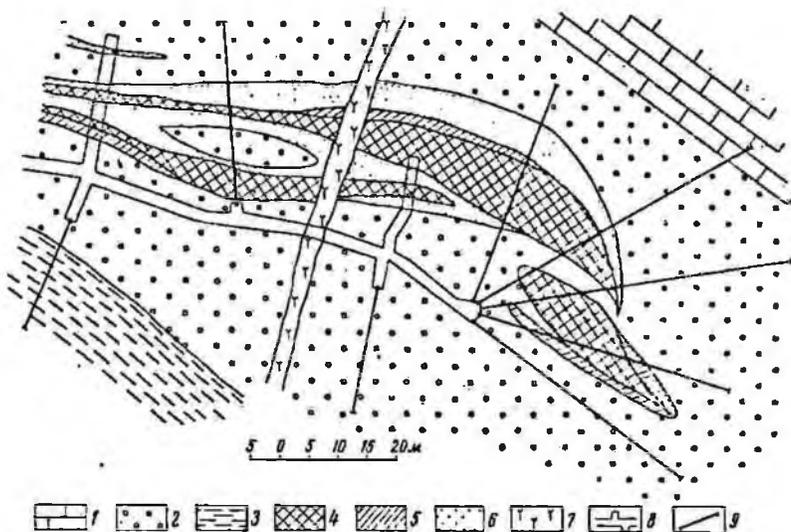


Рис. 9. Часть плана горизонта горных работ на медно-рудном месторождении

1 — мергелистые известняки; 2 — скарированные известняки; 3 — зона разлома; 4 — богатые медные руды; 5 — бедные медные руды; 6 — малахитовые руды; 7 — дайки альбитофиров; 8 — горные выработки; 9 — скважины подземного бурения

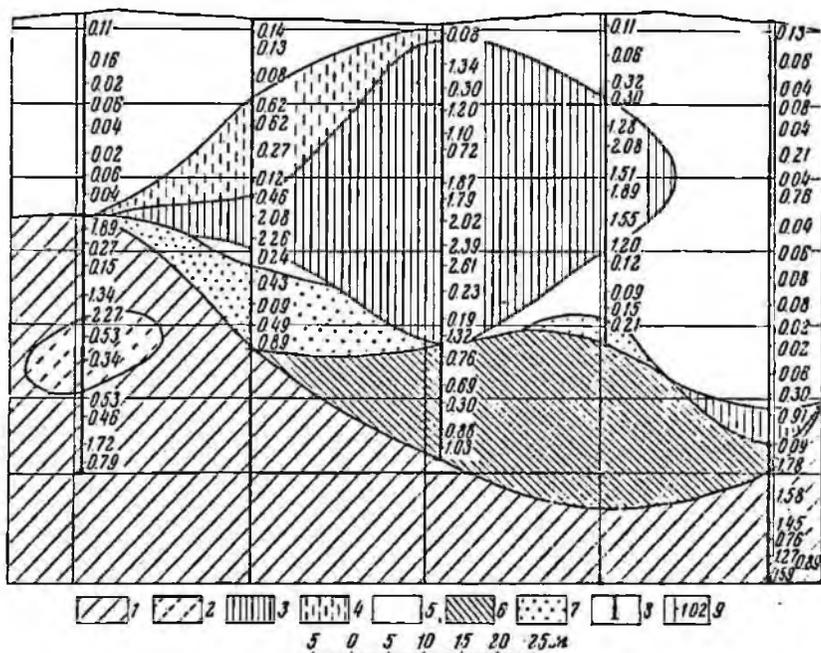


Рис. 10. Определение контуров различных сортов руд медно-порфирового месторождения по данным опробования скважин ударно-канатного бурения. Часть поперечного разреза

1 — халькозные промышленные руды с содержанием меди более 0,5%; 2 — халькозные бедные руды с содержанием меди от 0,3 до 0,5%; 3 — окисленные промышленные руды с содержанием меди более 0,3%; 4 — окисленные бедные руды с содержанием меди от 0,3 до 0,5%; 5 — выщелоченные руды и безрудные породы с содержанием меди менее 0,3%; 6 — смешанные промышленные руды с содержанием меди более 0,5%; 7 — смешанные руды с содержанием меди менее 0,3%; 8 — скважины ударно-канатного бурения; 9 — содержание меди в пробах

радиоактивные методы, основанные на различной природной радиоактивности горных пород, а также различной способности их рассеивать и поглощать нейтроны и гамма-фотоны; магнитные методы, основанные на различной магнитной восприимчивости горных пород; термические методы, в которых используются различия в тепловом сопротивлении и температуропроводности горных пород.

Нряду с этими собственно геофизическими методами, в современный комплекс каротажа также входят геохимические методы исследования содержания газа в буровом растворе и люминесцентных свойств бурового раствора и пород, а также метод изучения продолжительности пролонки, при помощи которого породы расчленяются по их сопротивлению механическому разрушению в процессе бурения. Последний метод часто называют механическим каротажем.

В комплект каротажных установок включаются боковые грунтоносы стреляющего типа, с помощью которых можно поднять образец из горизонта, выделенного в разрезе скважины по данным каротажа. В последнее время сконструированы боковые грунтоносы сверлящего типа для извлечения образцов твердых горных пород.

Специальное значение для расчленения разрезов и определения мощности пластов в комплексе методов геофизического изучения разрезов буровых скважин и наибольшее развитие имеют методы электрического каротажа. В настоящее время в число этих методов входят: 1) изучение кажущегося электрического сопротивления пород — метод КС; 2) измерение изменения силы тока в цепи при перемещении одного из электродов по скважине — метод скользящих контактов (МСК); 3) измерение естественных электрических потенциалов, самопроизвольно возникающих в скважине — методы ПС, градиента ПС, электродных потенциалов; 4) изучение искусственно созданной поляризации — нестабильных разностей потенциалов, возникающих после прохождения в скважине электрического тока — метод ЭК.

Каждый из этих методов имеет свои специфические особенности и применяется в зависимости от конкретных условий для решения тех или иных задач.

При каротаже скважины надо учитывать, что определение пройденных пород с необходимой для составления геологического разреза точностью по данным какого-либо одного из методов, может быть осуществлено в ограниченном числе районов, там, где горные породы значительно отличаются по тому или иному свойству и это отличие выражается на значительном протяжении.

Как правило, для каждого типа месторождений того или другого района вырабатывается комплекс исследований, который приводит к положительному решению поставленной задачи.

Вместе с тем надо предостеречь и против необоснованного применения обязательно всех возможных методов исследований. Как правильно определил В. Н. Дахнов [1948], «каротаж скважин должен проводиться комплексом таких методов, которые дают возможность при минимальном их количестве и наибольшей эффективности каждого из них с наибольшей полнотой проводить геологическую документацию скважин и выявлять в них полезные ископаемые».

Из методов электрического каротажа наибольшее развитие получил каротаж сопротивлений (КС).

Возможность более или менее полного расчленения пород, вскрытых скважиной, по их литологическим признакам на основании диаграммы КС определяется степенью отличия пород, слагающих разрез района по их электрическому сопротивлению. Разрезы, достаточно расчлененные, в этом смысле характеризуются рельефными диаграммами КС с четко выраженными максимумами и минимумами, отвечающими

соответственно горизонтам высокого и низкого сопротивлений. Методика количественной интерпретации каротажных диаграмм такого типа — определение мощности выявленных горизонтов, продуктивных пластов и пропластков с точностью, достаточной для подсчета запасов, а также определения истинного сопротивления пластов значительной мощности — разработана детально. Она подробно описана в геофизической литературе, в частности в работах В. Н. Дахнова [1947, 1948].

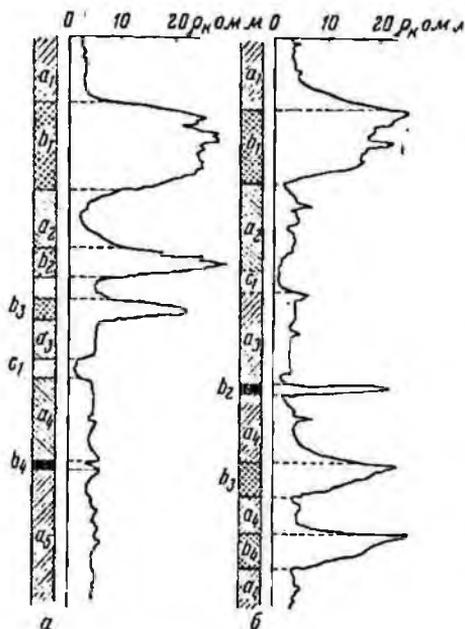


Рис. 11. Примеры диаграмм КС  
а — потенциал-зондом; б — градиент-зондом (по В. Н. Дахнову)

В зависимости от физических особенностей пластов, выделение которых является наиболее важным, каротаж осуществляется тем или иным зондом. Основными разновидностями зондов для каротажа КС являются: потенциал-зонды и градиент-зонды.

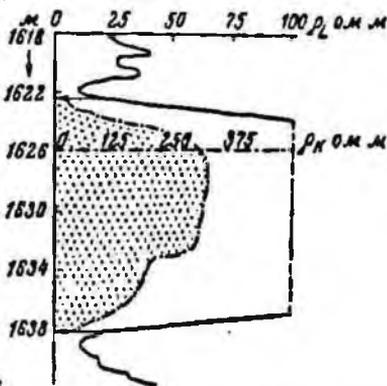


Рис. 12. Диаграмма КС пласта высокого сопротивления большой мощности. Потенциал-зонд В80А5М (по В. Н. Дахнову)

При использовании градиент-зондов надо учитывать, что кривые КС для этих зондов асимметричны, а потому кровля и подошва пласта на них выделяются с различной точностью. Оказывается целесообразным при использовании данных для подсчета запасов проводить каротаж дважды — один раз с последовательным и другой раз с обратным (перевернутым) расположением электродов.

При каротаже КС в скважину обычно опускают три электрода: два питающих (обозначают буквами А и В) и один приемный (М). Зонды обозначают буквами и цифрами, показывающими расстояние (в дециметрах) между соответствующими электродами. Например, потенциал-зонд можно обозначить М 4 А 80 В, а градиент-зонд — М 36 А 1 В.

Примеры кривых КС, получаемых при каротаже различных объектов, приводятся на рис. 11.

Пояснение приемов, используемых для интерпретации кривых КС, целесообразно показать также на примерах, которые заимствованы из книги В. Н. Дахнова [1948]. Пример определения мощности пласта высокого сопротивления по данным каротажа потенциал-зондом приведен на рис. 12. На рисунке представлена диаграмма по пласту высокого сопротивления и большой мощности, каротаж произведен потенциал-зондом В 80 А 5 М. Определение мощности пласта для этого случая сводится к установлению положения верхней и нижней его границ по значению кажущегося сопротивления, соответствующего этим грани-

взм ( $\rho_{кгр}$ ). Для пластов, мощность которых значительно больше размеров зонда (в данном примере), а в канале буровой скважины находится буровой раствор, сопротивление которого ( $\rho_0$ ) гораздо меньше удельного сопротивления породы пласта, в первом приближении справедлива формула

$$\rho_{кгр} = 4\rho_0. \quad (8)$$

Учитывая, что сопротивление бурового раствора в рассматриваемом примере  $\rho_0 = 7$  ом.м, определяют значения  $\rho_{кгр} = 28$  ом.м и, как это показано на чертеже, мощность пласта между стрелками, равную 15,4 м. После этого, для более точного определения можно воспользоваться следующей формулой:

$$\rho_{кгр} = 0,5 \left[ \frac{2\rho_{кmax}}{1 + \frac{\rho_{кmax}}{\rho_1}} + 2 \left( 2 - \frac{AM}{m} \right) \rho_0 \right], \quad (9)$$

где  $\rho_{кmax}$  — максимальное значение кажущегося сопротивления, снятое с диаграммы;

$\rho_1$  — удельное сопротивление пород, вмещающих пласт, принятое по минимальному значению  $\rho_k$ , соответственно выше или ниже пласта;

$AM$  — расстояние между электродами в зонде, м;

$m$  — мощность пласта, определенная по приближенной формуле.

Уточнения, которые достигаются применением указанной формулы, а также другими приемами, оказываются небольшими и в приведенном

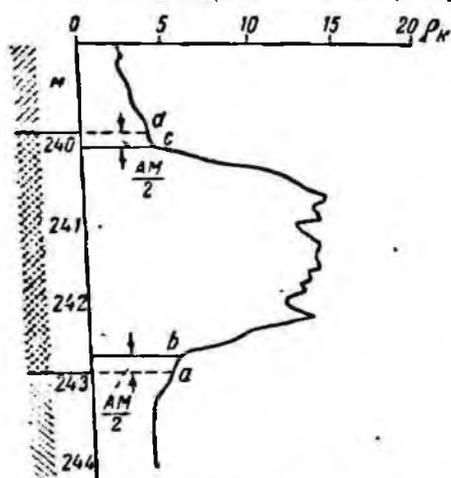


Рис. 13. Определение мощности пласта высокого сопротивления по диаграмме сопротивлений, снятой потенциал-зондом М4А80В (по В. Н. Дахнову)

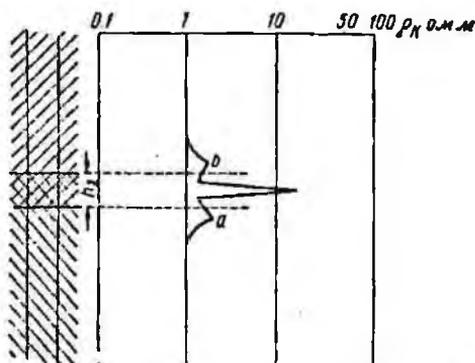


Рис. 14. Кривая КС для пласта малой мощности, снятая потенциал-зондом (по В. Н. Дахнову)

примере составляют меньше 0,5 м, что составляет около 3% измеряемой величины.

На рис. 13 приведен случай, когда удельное сопротивление пласта не очень велико, а диаметр скважины относительно мал; на кривой  $\rho_k$  полученной потенциал-зондом, местоположение подошвы и кровли пласта отмечается особыми участками кривой, в пределах которых значения  $\rho_k$  изменяются очень мало. Эти участки —  $ab$  и  $cd$  хорошо видны на рисунке. Глубины подошвы и кровли пласта определяются, соответственно, по положению точек  $b$  и  $c$ , причем верхняя граница, как это показано на рис. 13, будет находиться на расстоянии  $\frac{AM}{2}$  выше точки  $c$ , а нижняя — на расстоянии  $\frac{AM}{2}$  ниже точки  $b$ . В приведен-

ном случае мощность пласта оказывается равной 3 м. Каротаж выполнен потенциал-зондом М 4 А 80 В в скважине диаметром 55 мм, при сопротивлении бурового раствора  $\rho_0 = 1,8$  ом.м.

Результат каротажа потенциал-зондом пласта относительно малой мощности, близкой к величине  $\overline{AM}$ , приводится на рис. 14. В этом случае на диаграмме появляются так называемые экранные максимумы, отмеченные на рисунке буквами *a* и *b*. Положение кровли и подошвы пласта определяется по положению этих экранных максимумов, верхний из которых расположен на  $\frac{\overline{AM}}{2}$  выше кровли пласта, а нижний — на ту же величину ниже его подошвы.

Для средних по мощности пластов, определяемых неравенством  $\overline{AM} < m < 5\overline{AM}$ , точность отбивки подошвы и кровли пласта указанными выше приемами несколько снижается.

Рассмотрим примеры определения мощности пласта по данным каротажа градиент-зондами. Размеры градиент-зонда принято характере-

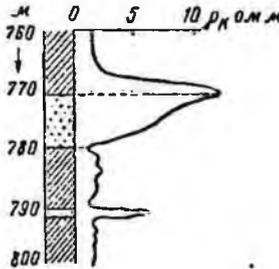


Рис. 15. Пример интерпретации диаграммы КС, снятой градиент-зондом, для пласта большой мощности (по В. Н. Дахнову)

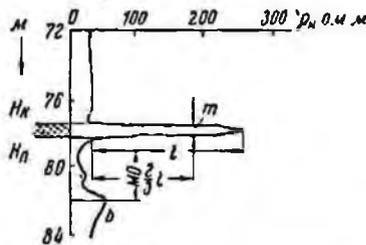


Рис. 16. Пример интерпретации диаграммы КС, снятой градиент-зондом, для маломощного пласта (по В. Н. Дахнову)

ризовать величиной  $\overline{MO}$ , т. е. расстоянием от приемного электрода М до точки *O* — середины между питающими электродами *A* и *B*. На рис. 15 представлен случай определения мощности пласта высокого сопротивления и относительно большой мощности. Каротаж произведен последовательным градиент-зондом В 2,5 А 25 М. Положение кровли и подошвы пласта определяется по положению максимума и минимума кривой  $\rho_k$ , расположенных вблизи кровли и подошвы пласта. Как видно на рисунке, максимум кривой соответствует глубине  $H_{max} = 771,1$  м, а минимум — глубине  $H_{min} = 780,25$  м; из простых формул:

$$H_k = H_{max} - \frac{\overline{AB}}{2} \quad (10)$$

и

$$H_n = H_{min} - \frac{\overline{AB}}{2} \quad (11)$$

определяют глубину залегания кровли пласта  $H_k = 771,0$  м и подошвы пласта  $H_n = 780,1$  м, а следовательно, и мощность  $m = 9,1$  м. На рисунке хорошо видна асимметричность кривой сопротивления, снятой градиент-зондом. Относительно небольшой минимум, соответствующий подошве пласта, на практике бывает трудно определить с необходимой точностью, поэтому считается, как указано выше, более целесообразно провести каротаж дважды — последовательным и обращенным зондами. В этом случае обе границы пласта будут достаточно уверенно выделены по максимумам кривой  $\rho_k$ .

Тем же самым приемом пользуются при определении мощности средних пластов, характеризуемых неравенством  $MO < m < 5MO$ .



стей угольных пластов по кривой  $P_K$ , полученной в результате каротажа градиент-зондом В 1 А 35 М, представленной на рис. 18, оказавшихся равными  $m_1 = 0,7$  м,  $m_2 = 0,45$  м,  $m_3 = 0,85$  м и  $m_4 = 0,7$  м.

В случае каротажа пласта низкого сопротивления потенциал-зондом кривая  $KC$  (рис. 19) имеет симметричный вид. Мощность пласта определяют по ширине плавной части минимума кривой, выделенного на рисунке буквами  $a$  и  $b$ . Мощность пласта принимается меньше выделенной зоны минимума на величину  $\frac{AM}{2}$  и границы пласта располагают на  $\frac{AM}{2}$  ниже точки  $b$  и выше точки  $a$ .

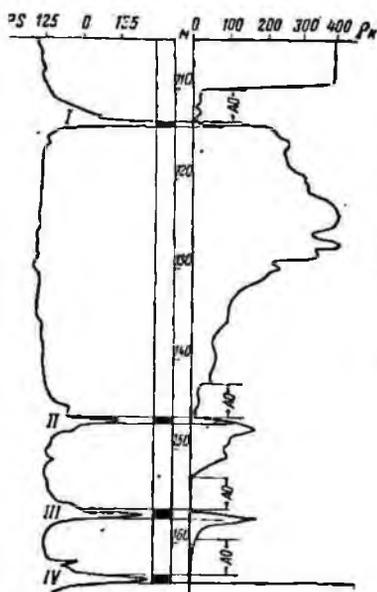


Рис. 18. Определение мощности и границ угольных пластов по диаграмме сопротивлений, снятой градиент-зондом В1А35М и диаграмме ПС (цифрами I, II, III и IV отмечены номера угольных пластов)

Описанные примеры использования диаграммы  $KC$  для определения мощности пластов дают достаточное представление о возможностях метода, хотя и являются наиболее простыми. В практике каротажа часто встречаются случаи значительно труднее, например расщепление пачек, представленных несколькими пластами с высоким или низким сопротивлением, разделенными тонкими пропластками. В по-

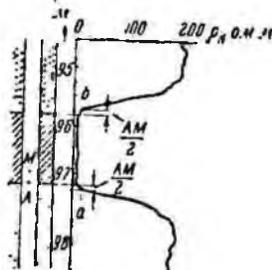


Рис. 19. Пример определения мощности пласта низкого сопротивления по диаграмме  $KC$ , полученной потенциал-зондом (по В. Н. Дахнову)

добных случаях большую роль играют правильный выбор типа, размера зонда и масштаба регистрации, так как от этих факторов зависит возможность выделения изучаемых или маркирующих горизонтов в разрезе скважин и точность интерпретации.

Относительно простые диаграммы, зарегистрированные потенциал-зондом и обращенным градиент-зондом, изображены на рис. 11. Выделение отмеченных на соответствующих колонках различных пластов с высоким и низким сопротивлением осуществлено описанными выше приемами.

Наблюдаемые в скважинах разности естественных потенциалов, которые при каротаже описываются в виде диаграмм ПС, обусловлены фильтрационными, диффузионными и электрохимическими процессами, происходящими в породах, вскрытых буровой скважиной, в непосредственной близости от нее. Величина и знак наблюдаемых разностей потенциалов определяются характером и активностью указанных процессов и зависят от минералогического состава и литологической характеристики пород. Изучение ПС в ряде случаев помогает установить геологическую природу пластов, выделенных по каротажу  $KC$ .

поскольку характеристика только удельного сопротивления пласта может оказаться недостаточной для этой цели. В ряде случаев по кривым *ПС* также возможно определение мощности выявленных пластов. Теоретически доказано, что для пластов, мощность которых превосходит величину четырех диаметров скважины, кровле и подошве соответствующих точки кривой *ПС*, в которых значение разности естественных потенциалов равно половине максимума *ПС* для данного пласта. Пример выделения пластов угля и определения их мощностей по диаграмме *ПС* приведен на рис. 18. Данные по диаграмме *ПС* в этом примере удовлетворительно совпадают с результатами определения мощностей по кривой *КС* для I, II и V пластов.

Значительные трудности возникают при выявлении пачки близко расположенных пластов и необходимости определения мощности отдельных пластов по результатам измерения кривых *ПС*. Установлено, что в пачках сближенных пластов границы раздела не совпадают с точками перегиба кривой *ПС* и смещены относительно последних. Смещение это зависит от соотношения мощностей пластов, характеризующихся повышенной электрохимической активностью, и разделяющих их пропластков. Если мощности пластов равны или меньше мощностей разделяющих их пропластков, то границы смещаются в сторону локальных минимумов кривой; в случае, если большими являются мощности пластов — границы раздела должны быть смещены в сторону локальных максимумов кривой *ПС*. С учетом этого правила положение границ раздела и мощности пластов в пачках определяют лишь приближенно.

Для качественной оценки выделенных пластов следует учитывать, что в большинстве случаев, при относительно пресных буровых растворах, песчаные, карбонатные породы и гидрохимические осадки выделяются отрицательными аномалиями *ПС*, а положительным аномалиям *ПС* соответствуют глинистые породы. При сильно минерализованных растворах картина эта меняется на обратную. Однако высказанное положение в очень большой степени зависит от таких факторов, как соотношение минерализации бурового раствора и пластовых вод, соотношение пластового и гидростатического давлений, интенсивность окислительно-восстановительных реакций. Эти факторы при известных обстоятельствах могут полностью видоизменить картину распределения *ПС*. Их необходимо тщательно учитывать при интерпретации результатов каротажа.

С более высокой точностью можно определить мощности пластов, характеризующихся естественными электрическими потенциалами, если регистрировать изменение этой функции по скважине (градиент *ПС*). Технически переход от измерения *ПС* к измерению градиента *ПС* не представляет труда, в то же время этот переход может оказаться весьма эффективным, так как с большей точностью и детальностью может быть расчленен разрез и определены мощности отдельных пластов и пропластков. Положение границ пластов этим методом определяется по соответствующим им точкам положительных или отрицательных экстремумов кривой градиента *ПС*. Примеры, показывающие выделение угольных и рудных пластов по диаграммам градиента *ПС*, а также определения строения этих пластов и мощностей слагающих их пропластков приведены на рис. 20 и 21. На последнем рисунке видно, что по кривой *ПС* детальное расчленение разрезов оказывается невозможным.

При каротаже скважин в угленосных районах большое значение для выявления угольных пластов и определения их мощностей получили *мостиковый и электролитический каротажи*.

Сущность *мостикового электрического каротажа* заключается в измерении электрического сопротивления пород, вскрытых скважиной с помощью заземления *A*, перемещаемого по стволу скважины, кото-

рое включено в четырехплечевой мостик сопротивлений на постоянном токе. Результаты измерений по методу мостикового каротажа (МК) представлены на рис. 22. Мощности пластов по кривой МК определяются как расстояния между точками перегиба на восходящей и нисходящей ветвях кривых.

*Электролитический каротаж* основан на изучении потенциалов, возникающих в горных породах в результате окислительно-восстановительных процессов, появляющихся при прохождении через эти породы электрического тока. Диаграммы ЭК четко выделяют в разрезе скважины те породы, которые окисляются или восстанавливаются электрическим током, в частности ископаемые угли и сульфиды. Как и на кривых ПС,

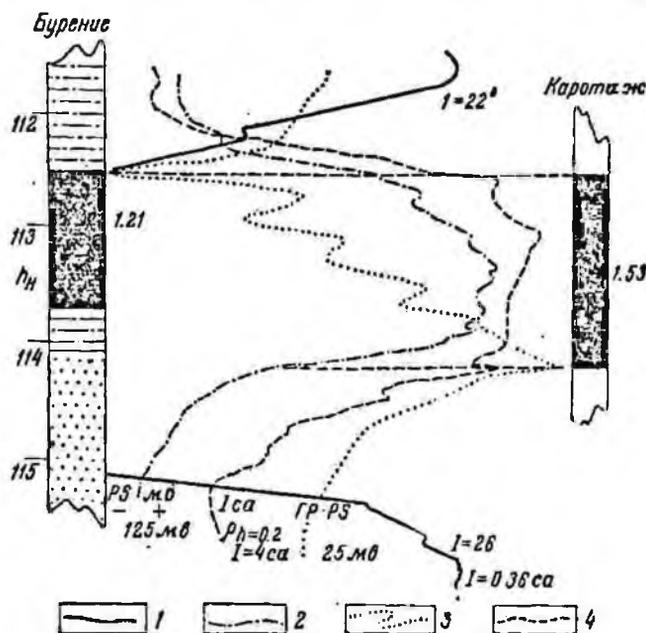


Рис. 20. Пример комплексного каротажа угольного (антрацитового) пласта с низким сопротивлением по одной из скважин в Восточном Донбассе

1 — кривая КС; 2 — кривая ПС; 3 — кривая градиента ПС; 4 — кривая МК

границы пластов на диаграммах ЭК определяются по соответствию им точек, для которых изменение потенциала ЭК равно половине его максимального или минимального значения в аномалии, соответствующей данному пласту. Примеры диаграмм ЭК и определения мощности пласта с помощью этого метода приведены на рис. 21—23.

В некоторых случаях (рис. 23) с помощью каротажа ЭК можно выделить такие пласты, которые не выделяются другими приемами.

При каротаже рудных объектов широко применяются разработанные во Всесоюзном институте разведочной геофизики (ВИРГ) *каротаж по методу скользящих контактов (МСК)* и *каротаж электродных потенциалов (ЭП)*.

Метод каротажа с использованием скользящих контактов, предложенный А. С. Семеновым и О. К. Владимировым в 1939 г., с успехом используется для выделения рудных пластов. Метод основан на измерении силы тока в цепи, состоящей из источника тока, соединительных проводов и двух электродов, один из которых заземлен на поверхности земли, а другой скользит по стенке скважины. Рудные пласты выделяются четкими максимумами силы тока. Определение мощности

пласта по диаграмме МСК не представляет труда, так как изменения переходного сопротивления происходят скачкообразно при пересечении электродом границы рудного пласта, представленного сплошными сульфидными или другими хорошо проводящими рудами. В случае вкрапленного оруденения в качестве скользящего используется щеточный электрод. Отбивка границ раздела в этом случае менее точна, чем при

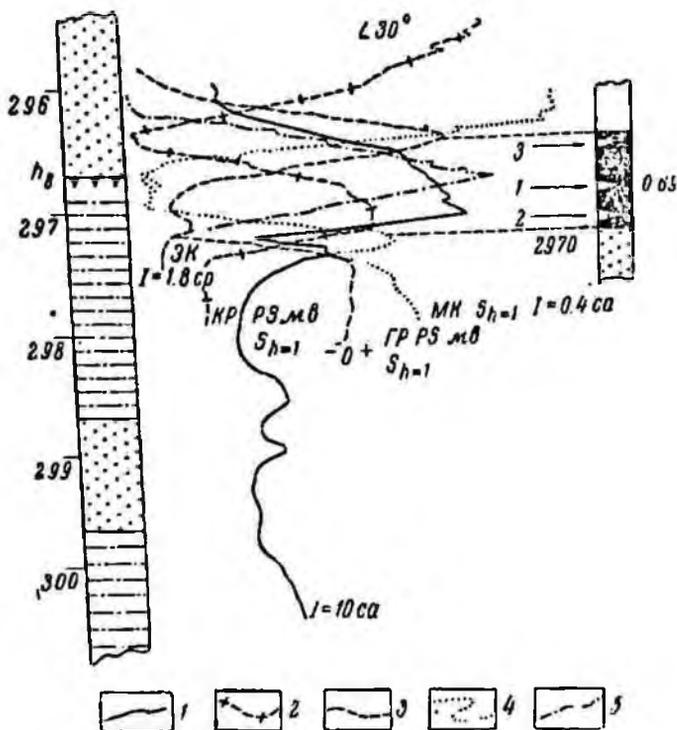


Рис. 21. Пример выделения по данным комплексного каротажа угольного пласта марки К, пропущенного при бурении, по одной из скважин в Восточном Донбассе

1 — кривая КС; 2 — кривая ПС, 3 — кривая градиента ПС; 4 — кривая МК; 5 — кривая ЭК

использовании точечного электрода, но с учетом большей мощности промышленных рудных тел, представленных вкрапленными рудами; достигаемая точность является также вполне достаточной. На рис. 24, 25 приводятся примеры каротажа рудных пластов по методу скользящих контактов и определения мощности пласта.

Очень хорошие результаты по определению мощностей пластов и пропластков дает также картаж по методу электродных потенциалов (ЭП), разработанному в ВИРГ [Семенов и др., 1951]. Сущность метода состоит в том, что металлические электроды, опущенные в буровой раствор, поляризуются, причем направление и интенсивность поляризации разных электродов в одном и том же растворе определяются веществом электрода. Если изготовить два электрода из одного металла, один из них поместить в буровой раствор, а другой заставить скользить по стенке скважины, то до тех пор, пока скользящий электрод будет соприкасаться с породами, характеризующимися малой проводимостью, разность потенциалов между электродами будет незначительной. При соприкосновении скользящего электрода с рудой разность потенциалов резко возрастет, так как вторым электродом в этом случае фактически

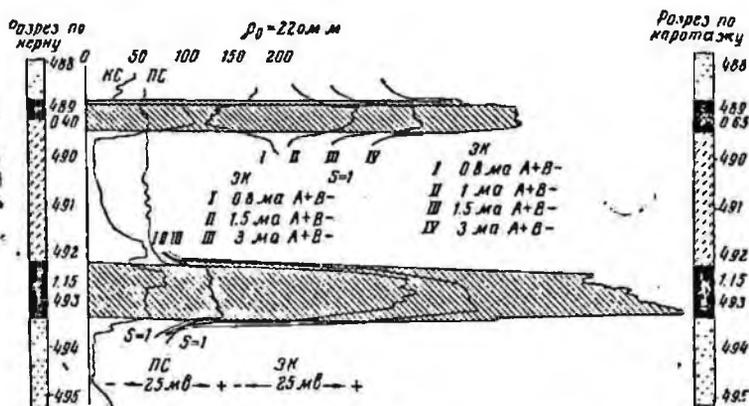


Рис. 22. Пример выделения угольного пласта по диаграммам ЭК, снятым при разных условиях измерения (по Б. Ю. Вендельштейну)

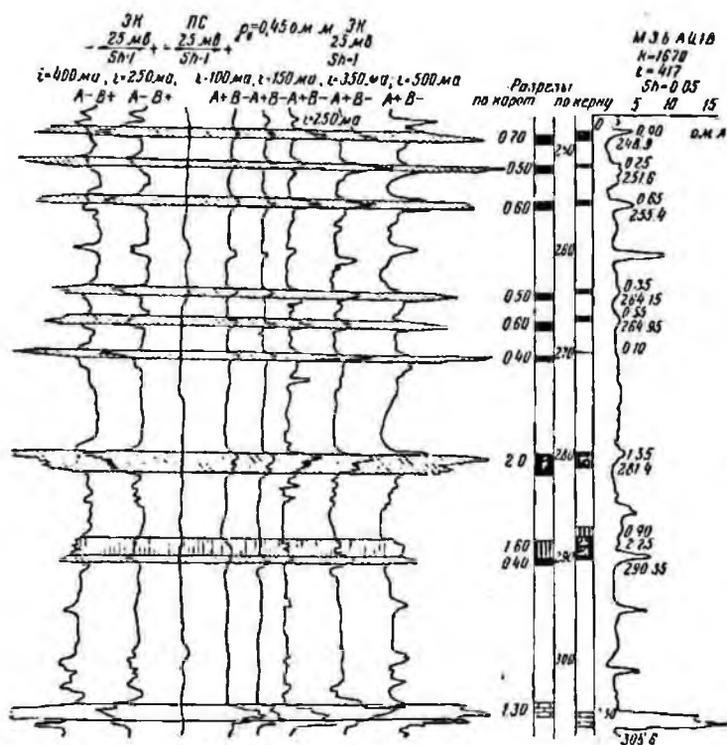


Рис. 23. Пример выделения методом ЭК ряда угольных пластов по одной из скважин в Северо-Западном Донбассе и определения их мощности. Большая часть пластов не выделяется по кривым КС и ПС (по Б. Ю. Вендельштейну)

будет являться рудное тело, также обладающее электронной проводимостью. Специальным подбором электродов, изготавливая их, например, из цинка, который характеризуется высоким отрицательным потенциалом поляризации, в то время как природные электронные проводники,

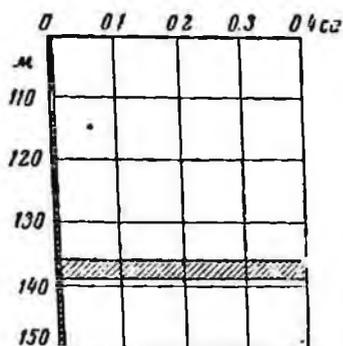


Рис. 24. Пример графика МСК для рудного пласта (по А. С. Семенову и О. К. Владимирову)

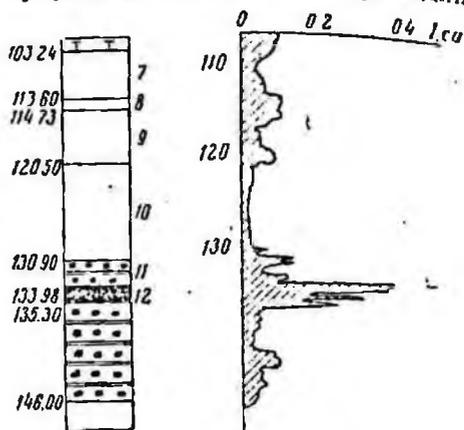


Рис. 25. Пример каротажа МСК вкрапленных руд с щеточным электродом (по А. С. Семенову и О. К. Владимирову)

в частности сульфиды, имеют высокие положительные потенциалы поляризации, можно достигнуть значительных разностей потенциалов, характеризующих рудные пласты и пропластки, которые легко могут быть измерены. После этого расчленение рудных пластов и определение их мощностей не представляет никаких трудностей (рис. 26). На рис. 27 видно значительное преимущество метода ЭП в раскрытии деталей строения пласта по сравнению с методом ПС и даже извлечением керна, на основании которого, вследствие разрушения участков сплошного оруденения, весь интервал по сохранившимся образцам охарактеризован как слой, представленный вкрапленными рудами.

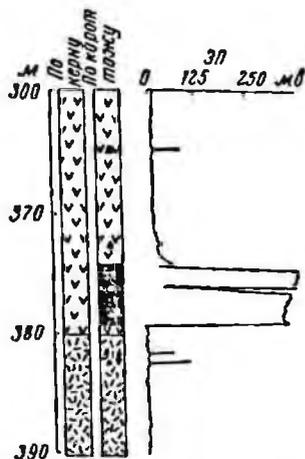


Рис. 26. Пример выделения рудного пласта, пропущенного при бурении, методом ЭП (по С. Я. Ллогенькому)

Наряду с электрическим каротажем значительные возможности в отношении расчленения разреза, вскрытого буровой скважиной, выявления продуктивных пластов и тел полезных ископаемых и определения мощности выявленных горизонтов, а также их качественной характеристики, дает радиоактивный каротаж. Этот метод, начало развития которого было положено советскими геофизиками Г. В. Горшковым, А. Г. Граммаковым, В. А. Шпаком и Л. М. Курбатовым в 1933 г., за последние годы, в связи с общими успе-

хами в области использования атомной энергии в мирных целях, достиг значительного прогресса. Достижения в этой области охарактеризованы в статье В. Н. Дахнова [1955]. Здесь мы ограничиваемся краткими сведениями о возможностях, которые открывают эти методы в решении задач выявления, качественной характеристики и определения мощности пластов в разрезе скважины.

В настоящее время используются следующие методы радиоактивного каротажа: 1) метод изучения естественного гамма-излучения гор-

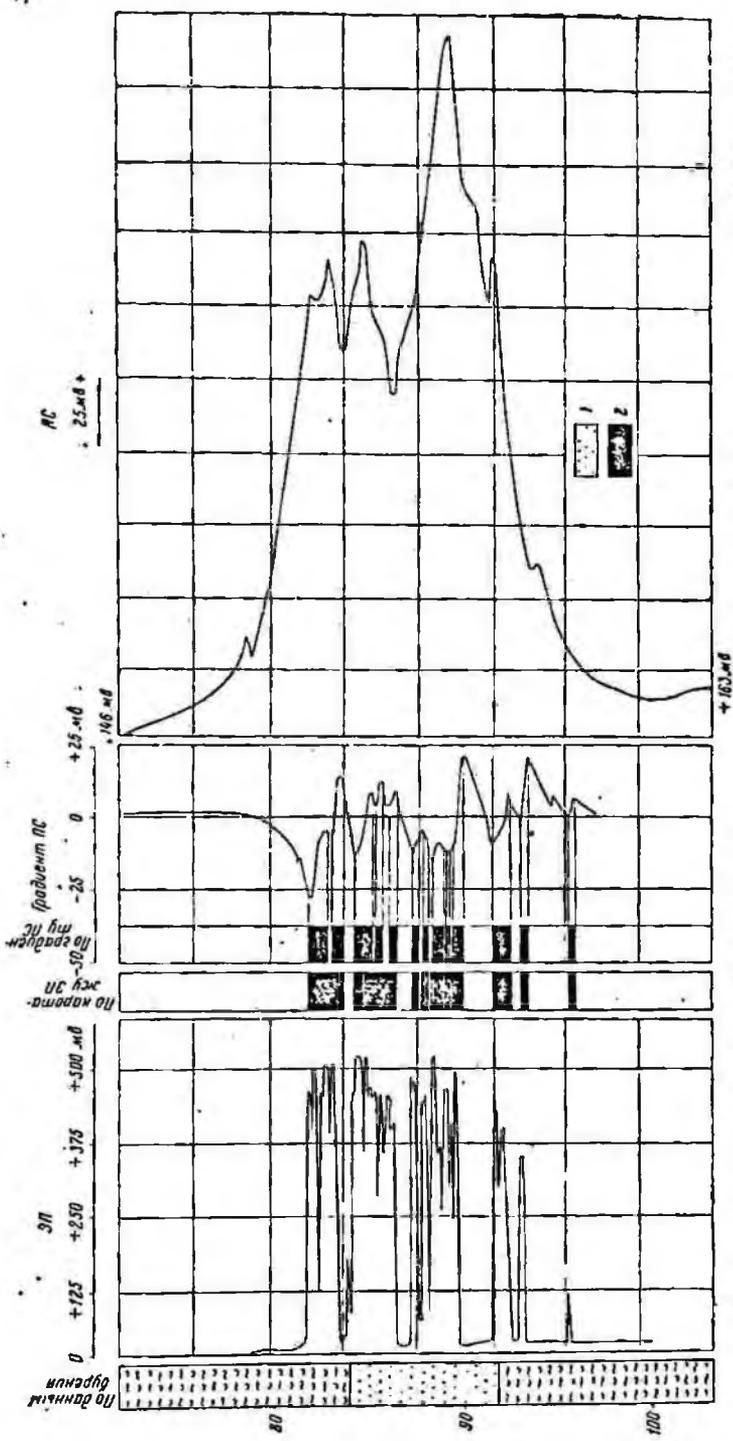


Рис. 27. Комплексный каротаж пластов с высоким сопротивлением (рудная скважина по материалам ВИРГ)  
 1 -- кристаллическая руда; 2 -- массивная руда

ных пород: 2) метод рассеянного гамма-излучения, возникающего в скважине в результате взаимодействия гамма-излучения опускаемого в скважину радиоактивного источника с горными породами, слагающими вскрытый разрез; 3) метод изотопов, при котором изучается гамма-излучение радиоактивных изотопов, введенных в раствор, заполняющий скважину; 4) нейтронный гамма-метод, основанный на изучении интенсивности вторичного гамма-излучения, возникающего в результате захвата нейтронов, преимущественно тепловых, ядрами элементов, входящих в состав горных пород.

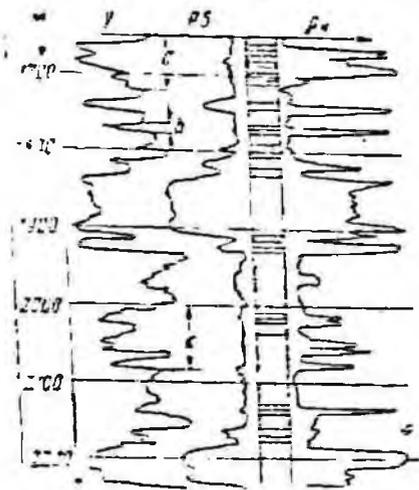


Рис. 28. Сопоставление расчлененного разреза по данным гамма-каротажа и по данным каротажу КС и ПС (по В. Н. Дахинову)

Метод изучения естественного гамма-излучения горных пород, называемый обычно гамма-каротажем (ГК), позволяет расчленить разрез скважины по естественной радиоактивности горных пород, обусловленной присутствием в них радиоактивных элементов и степенью концентрации последних. Вследствие широкого распространения радиоактивных элементов в горных породах в рассеянном состоянии, абсолютное большинство пород разреза оказывается охарактеризованным естественным радиоактивным излучением той или иной степени активности. Поэтому разрез скважины по результатам гамма-каротажа оказывается достаточно рельефно расчлененным, как это видно на рис. 28, где для сравнения приведены диаграммы электрического (КС и ПС) и радиоактивного ( $\gamma$ ) каротажа.

Пласты, обладающие повышенной радиоактивностью, выделяются на диаграммах ГК четкими максимумами, по которым представляется возможным определение мощности пласта и концентрации в нем радиоактивного элемента. Определение мощности производится на следующих основаниях. Теоретически установлено, что при значительной мощности пласта его границам соответствуют точки, в которых интенсивность гамма-излучения равна половине максимального гамма-излучения, характерного для данного пласта. Эти точки являются точками перегиба кривой изменения интенсивности гамма-излучения по разрезу скважины. Для маломощных пластов определенная таким образом мощность оказывается завышенной, так как границы пласта смещены от точек перегиба кривой к середине пласта, причем смещение это тем больше, чем меньше мощность пласта. Для введения поправок в най-

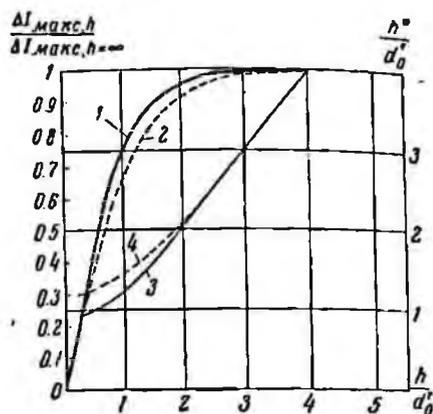


Рис. 29. Кривые зависимости отношения замеренного максимального излучения к максимальному излучению слоя бесконечной мощности от мощности пласта ( $m$ ) и кажущейся мощности пласта от истинной

1 и 2 — кривые отношения излучений для разных приемных камер, 3 и 4 — то же мощностей, выраженных в числе диаметров скважины (по В. Н. Дахинову)

денные мощности пласта в этих случаях пользуются кривыми зависимости кажущейся мощности пласта от его истинной (рис. 29). Пример определения мощности пластов по данным ГК приведен на рис. 30. Глубины точек перегиба кривой ГК соответственно для пластов 1 и 2 равны:  $a_1 = 709,45$  м;  $b_1 = 709,05$  м;  $a_2 = 706,0$  м;  $b_2 = 704,8$  м. Кажущиеся мощности пластов, следовательно, равны:  $m_1^* = 0,4$  м и  $m_2^* = 1,2$  м. Диаметр скважины равен  $d_0 = 0,3$  м, следовательно, отношение  $\frac{m_1^*}{d_0}$  для первого пласта равно 1,33, а для второго 4. Используя график зависимости  $\frac{m}{d_0}$  от  $\frac{m^*}{d_0}$ , приведенный на рис. 29, определяют отношения  $\frac{m_1}{d_0}$  и  $\frac{m_2}{d_0}$  и находят истинные мощности пластов, соответственно,  $m_1 = 0,7$  и  $m_2 = 4,0$  м<sup>1</sup>.

Положительными аномалиями на диаграммах гамма-каротажа, помимо урановых и ториевых руд, выделяются глины, особенно битуминозные глубоководные, и калийные соли.

Кривые гамма-каротажа сходны с диаграммами ПС. Наблюдаемые отличия, особенно независимость знака гамма-аномалий от соотношений концентрации солей в пластах и буровом растворе и пластового давления к гидростатическому давлению бурового раствора, помогают качественной расшифровке разреза.

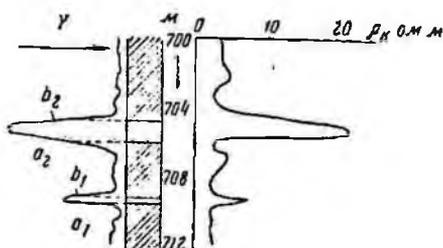


Рис. 30. Пример определения мощности пласта по данным гамма-каротажа Справка — кривая КС (по В. Н. Дахнову)

Метод рассеянного гамма-излучения, называемый часто плотностным каротажем (ПК), позволяет расчленять разрез скважины по плотностям горных пород, так как именно от плотностей последних зависит интенсивность изучаемого явления. Этим методом (рис. 31) четко выделяются рудные пласты, отмеченные электрическими методами. На рис. 32 показан пример выделения по данным ПК пластов пористых известняков при поисках месторождений нефти. Приемы определения мощности пласта по данным ПК аналогичны описанным для гамма-каротажа.

Метод изотопов позволяет разрешить целый ряд технологических задач при бурении скважины, он успешно используется для определения местоположения коллекторов в разрезе скважины и их характеристики, а также для определения положения водонефтяного контакта. Для выделения пластов повышенной пористости (коллекторов) при проходке скважины используют буровой раствор с добавлением радиоактивных изотопов. Проникая в пористые пласты, этот раствор и образует зоны повышенной активности. С целью разделения водоносной и нефтеносной частей пласта используют активированные растворы, избирательно проникающие в нефтяную часть пласта, например активированный мылонафт. На рис. 33 представлен пример выделения методом изотопов пласта с повышенной эффективной пористостью, а на рис. 34 — пример выделения тем же методом нефтеносной части пласта.

Нейтронный гамма-метод успешно применяют для выделения водонасыщенных и нефтенасыщенных пластов, так как эти пласты отличаются высоким содержанием водорода, который, в свою очередь, обладает особой способностью к замедлению нейтронов. По интенсивности

<sup>1</sup> Для установления мощностей тонких (ненасыщенных) пластов с успехом используют также способ, основанный на определении ординат точек, для которых интенсивность излучения равна  $\frac{1}{2}$  от максимальной для данного пласта.

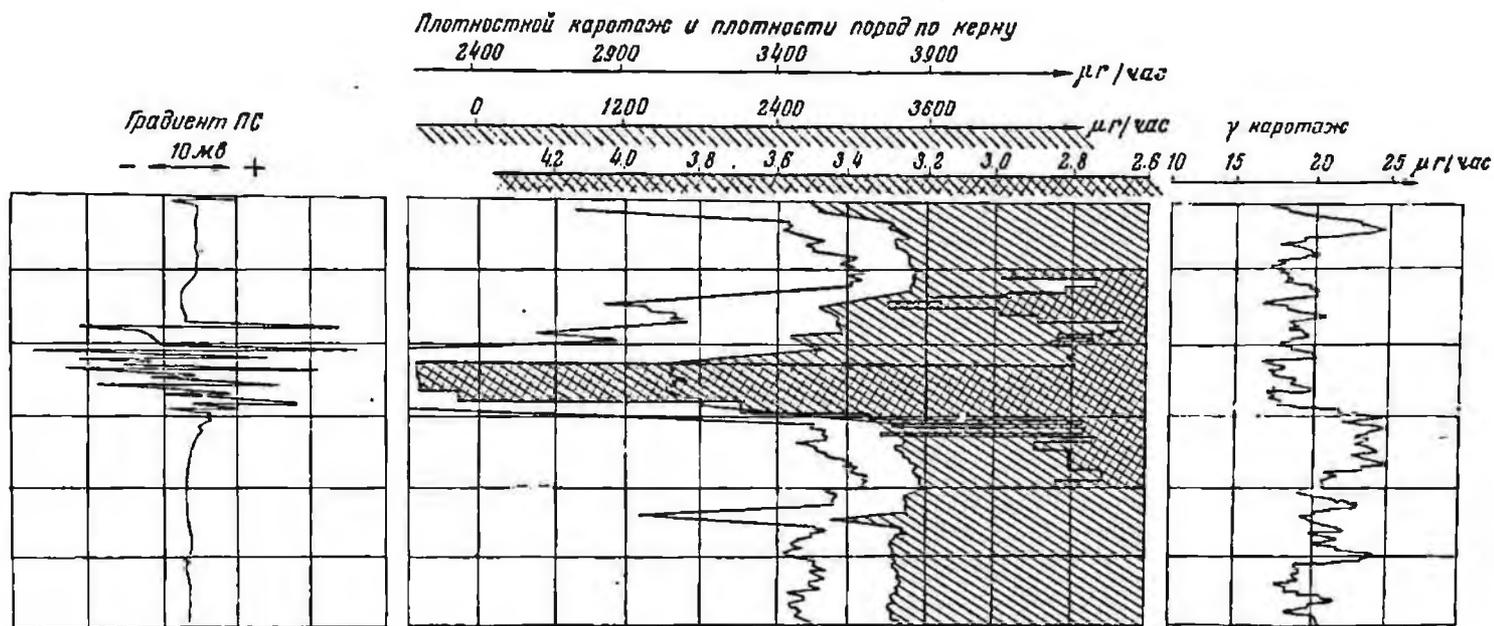
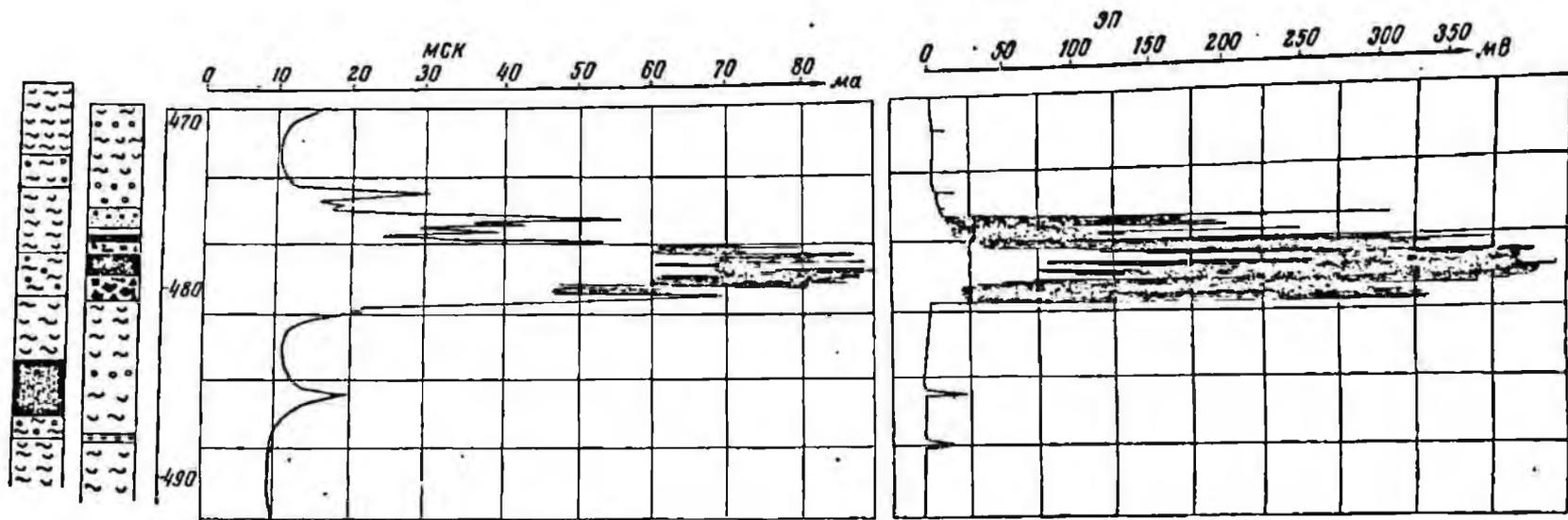


Рис. 31. Пример комплексного каротажа на одном из полиметаллических месторождений. Левая колонка — по данным бурения, правая — на основании интерпретации данных комплексного каротажа (по материалам ВИРГ)

вторичного гамма-излучения можно также разделять водоносную соответствующую максимуму активности часть пласта и нефтеносную, как относительно менее активную (рис. 35)<sup>1</sup>.

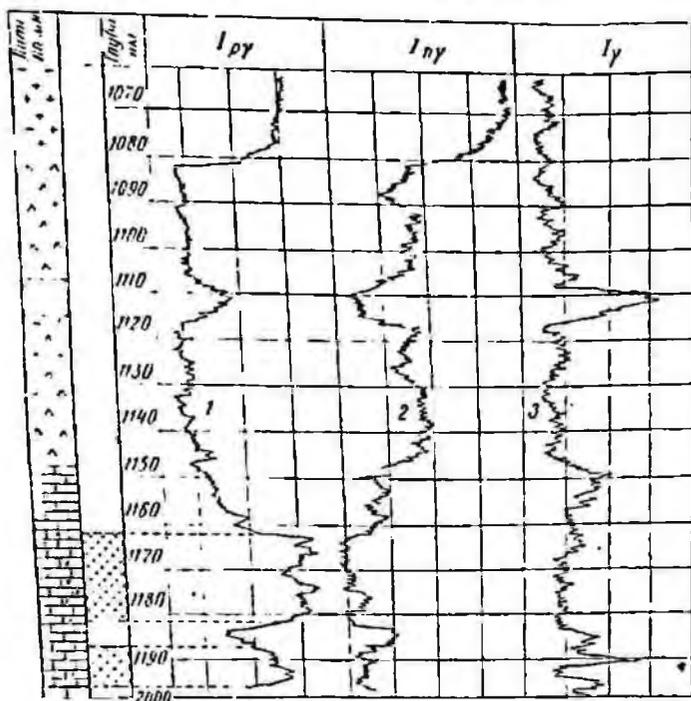


Рис. 32. Пример выделения по данным ПК (плотностного каротажа) пластов пористых известняков, имеющих пониженную плотность. Левая кривая — результат ПК (по В. Н. Дахнову)

Для выделения пластов, отличающихся повышенными магнитными свойствами, в последнее время применяют *магнитный каротаж*. Приемы определения мощности пластов в этом методе разработаны еще недостаточно.

0 125 250 275 см.м  
20600 23400 26200 0 4  
г.м.п./м.м. 22000 24800 г.м.п./м.м.

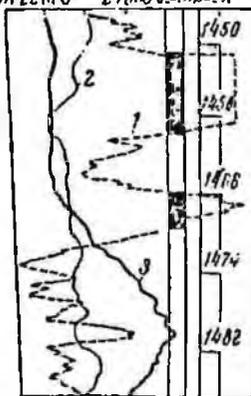


Рис. 33. Пример выделения пористых пластов методом радиоактивных изотопов  
1 — кривая гамма-излучения;  
2 — кривая КС; 3 — кривая ПС  
(по В. Н. Дахнову)

При *термическом каротаже* для определения мощностей пластов с успехом используют отрицательные аномалии, наблюдаемые в газоносных и нефтеносных породах, вследствие так называемого эффекта охлаждения (кулинг-эффекта). Примером такого явления и использования его для определения мощности пласта может служить диаграмма, изображенная на рис. 36. Границы мощных пластов с достаточной точностью могут быть установлены по соответствию им точек кривой, в которых температура равна половине амплитуды аномалии. Для маломощных пластов определенная таким образом мощность будет завышенной. Учесть это завышение можно способом, аналогичным описанному выше, при характеристике определения мощности тонких пластов методом ГК. Аналогичные аномалии наблюдаются также в галогенных породах и могут быть расшифрованы тем же приемом.

Сульфидные залежи и ископаемые угли часто характеризуются положительными температурными аномалиями, возникающими за счет

<sup>1</sup> Исследования последних лет показали возможность использования вторичного гамма-излучателя для оценки химизма поглощающей среды, в частности присутствия захвата тепловых нейтронов.

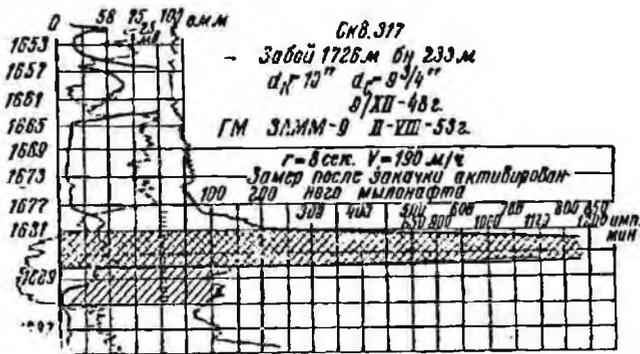


Рис. 34. Пример выделения методом радиоактивных изотопов нефтеносной части пласта (заштрихованный в клетку пик кривой) от водоносной (по В. Н. Дахнову)

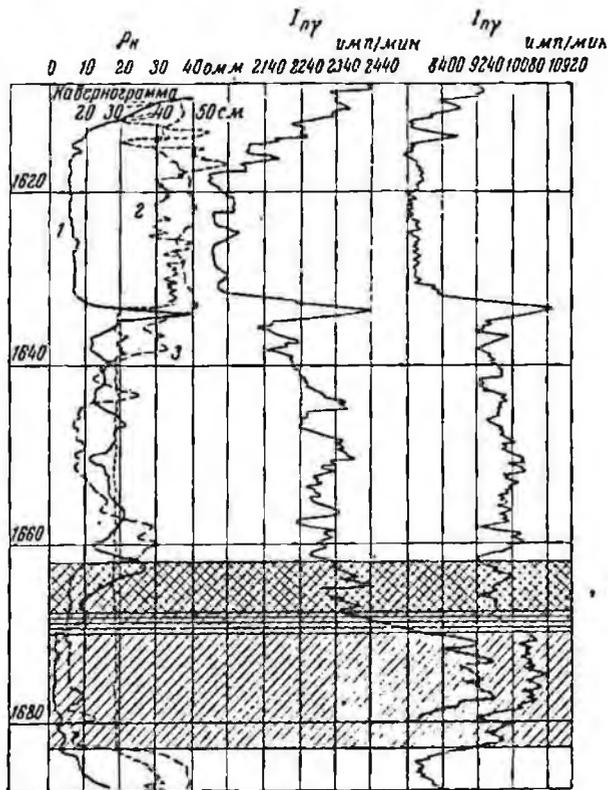


Рис. 35. Пример выделения нефтеносной и водоносной части пласта методом нейтронного каротажа

1 — кривые КС и капериомера; 2 и 3 — кривые по нейтронному каротажу методом, 2-я кривая снята специальным прибором с боровой окружностью (по В. Н. Дахнову)



сокой теплопроводностью. Пример такого рода представлен на рис. 37.

В дополнение к геофизическим методам, мощности пластов, вскрытых скважиной, во многих случаях могут быть уточнены по диаграммам продолжительности проходки, так называемому *механическому каротажу*. Пример определения мощности нефтяных пластов по диаграмме механического каротажа представлен на рис. 38. Весьма рельефная кривая времени проходки (левая) позволяет точно разделить легко разбуриваемые нефтяные пески от непродуктивных крепких песчаников, разделение которых по диаграмме *КС* (правая) не представляется возможным.

Используя описанные основные методы каротажа, в большинстве случаев оказывается возможным определение мощности вскрытого скважиной интервала и качественная характеристика слагающей его породы с точностью, достаточной для подсчета запасов. При этом в ряде случаев сложное строение вскрытого слоя и мощности отдельных его частей устанавливаются с точностью большей, чем путем извлечения образцов пород (рис. 39).

### Определение истинной мощности

Разведочные скважины и горные выработки часто пересекают тело полезного ископаемого не по истинной его мощности, а под некоторым углом. В этих случаях замеры по выработкам и скважинам показывают искаженную мощность, превышающую истинную (нормальную) мощность тела полезного ископаемого.

Вычисление истинной мощности по данным бурения рекомендуется производить по следующим формулам [Крениг, Пожарицкий, Розин, 1940].

Если скважина заложена перпендикулярно к простиранию тела полезного ископаемого и на глубине не имеет азимутального искривления, то истинная мощность может быть определена, исходя из формулы

$$m = m_3 \cdot \cos(\beta - \alpha), \quad (12)$$

где  $m$  — истинная мощность тела полезного ископаемого;

$m_3$  — мощность тела полезного ископаемого по данным замеров в скважине;

$\beta$  — угол падения тела полезного ископаемого;

$\alpha$  — зенитный угол скважины при пересечении тела полезного ископаемого.

Если скважина пересекает тело полезного ископаемого по линии, не перпендикулярной к его простиранию, то необходимо пользоваться другой формулой. В этом случае величину  $m_3$  необходимо заменить величиной  $m_n$  (проекцией на плоскость, перпендикулярную к простиранию тела полезного ископаемого), которая определяется по формуле

$$m_n = m_3 \cdot \cos(\alpha_1 - \alpha_n), \quad (13)$$

где  $\alpha_1$  — азимут скважины в точке пересечения тела полезного ископаемого;

$\alpha_n$  — азимут перпендикуляра к простиранию тела полезного ископаемого.

Кроме того, в формуле (12) необходимо заменить угол  $\alpha$  проекцией этого угла ( $\alpha'$ ) на плоскость, перпендикулярную к простиранию тела полезного ископаемого:

$$\alpha' = \arctg \left[ \frac{\lg \alpha}{\cos(\alpha_1 - \alpha_n)} \right]. \quad (14)$$

Вычисление истинной мощности в этих условиях можно вести по формуле

$$m = m_3 \cdot \cos(\alpha_1 - \alpha_n) \cdot \cos \left\{ \beta - \arctg \left[ \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos(\alpha_1 - \alpha_n)} \right] \right\}. \quad (15)$$

Практически, вместо этой точной, но сложной и громоздкой формулы, можно пользоваться более простой, достаточно точной для целей подсчета запасов формулой

$$m = m_3 \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \cos \gamma, \quad (16)$$

где  $\gamma$  — угол между азимутом скважины и азимутом падения тела полезного ископаемого.

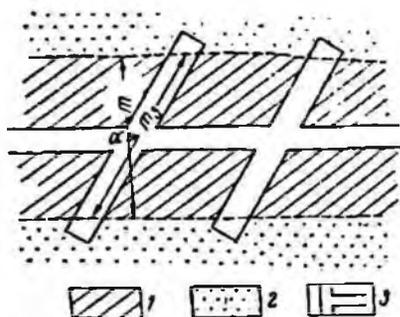


Рис. 40. Схематический план пересечения тела полезного ископаемого ортами, расположенными перпендикулярно к его простиранию

1 — тело полезного ископаемого; 2 — вмещающие породы; 3 — горные выработки;  
 $m$  — истинная мощность;  $m_3$  — мощность по данным замера

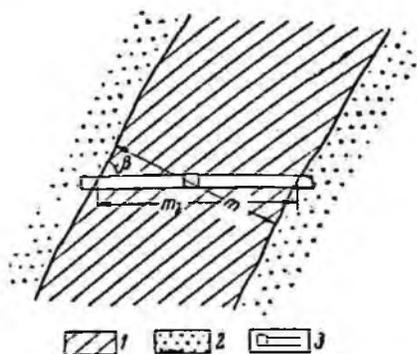


Рис. 41. Схематический разрез, показывающий пересечение тела полезного ископаемого ортами

1 — тело полезного ископаемого; 2 — вмещающие породы; 3 — горные выработки;  
 $m$  — истинная мощность;  $m_3$  — мощность по данным замера

Поправка на отклонение скважины от нормали к простиранию тела полезного ископаемого при малых углах отклонения очень незначительна. Поэтому вычисление истинной мощности с учетом неперпендикулярности направления скважины к простиранию тела полезного ископаемого необходимо вести, когда азимут скважины отличается от азимута перпендикуляра на угол более  $10^\circ$ .

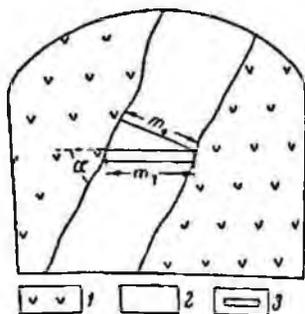


Рис. 42. Схема определения истинной мощности тела полезного ископаемого при опробовании горизонтальной бороздой

1 — вмещающие породы; 2 — рудная жила; 3 — борозда, или проба;  
 $m_3$  — замеренная мощность;  $m$  — истинная мощность;  $\alpha$  — угол падения рудного тела

Аналогичные формулы должны быть использованы и при замерах мощности тела полезного ископаемого в горных выработках, пересекающих тело полезного ископаемого не по нормальной мощности (рис. 40, 41). Кроме того, необходимость введения поправки для определения истинной мощности может быть вызвана изменением падения рудного тела при постоянном направлении бороздовых проб, длина которых одновременно используется для замера мощности. Часто, например, бороздовые пробы на жильных месторождениях располагаются горизонтально, независимо от падения жилы, как показано на рис. 42. В этих случаях истинная мощность жилы может быть определена, исходя из формулы

$$m = m_3 \cdot \sin \alpha, \quad (17)$$

где  $\alpha$  — угол падения рудного тела в точке замера мощности.

Если мощность тела полезного ископаемого определяется как частное от деления площади этого тела в плане или зарисовке на протяженность тела в данном участке, то в случаях отклонения плоскости сечения тела полезного ископаемого от нормального для вычисления истинной мощности также следует вводить поправку. В данном случае замеренная на зарисовке или на плане площадь тела полезного ископаемого должна быть скорректирована на косинус угла между фактической и нормальной плоскостями сечения тела по формуле

$$S = S' \cdot \cos \alpha, \quad (18)$$

где  $S$  — истинная площадь нормального сечения тела полезного ископаемого;

$S'$  — площадь тела полезного ископаемого, замеренная на плане или на зарисовке;

$\alpha$  — угол между плоскостью, нормальной к телу полезного ископаемого, и плоскостью, на которой оно замерено.

Тогда приведенная выше формула (7) примет вид:

$$m = \frac{S' \cdot \cos \alpha}{l}, \quad (19)$$

если  $l$  замерено в нормальном сечении.

При определении истинной мощности ( $m$ ) по поверхностным выработкам, в частности канавам, нередко приходится учитывать, кроме падения тела полезного ископаемого, рельеф с использованием формулы

$$m = m_{\text{замер.}} \cdot \sin(\alpha \pm \beta), \quad (20)$$

где  $\alpha$  — угол падения тела полезного ископаемого;

$\beta$  — угол наклона поверхности;

+  $\beta$  — наклон рельефа в сторону, противоположную падению тела полезного ископаемого;

—  $\beta$  — наклон рельефа в сторону падения тела полезного ископаемого.

### Рабочая мощность

Рабочей мощностью тела полезного ископаемого называется минимальная величина мощности, при которой на данном уровне развития горного дела тело полезного ископаемого может обрабатываться. Известно, что тела некоторых полезных ископаемых обрабатываются не до полного их выклинивания, а до предельной минимальной мощности, ниже которой разработка становится нецелесообразной. В таких случаях и подсчет запасов производится не в контуре, проведенном по линии полного выклинивания тела полезного ископаемого (так называемого нулевого контура), а в контуре, проведенном по линии минимальной промышленной мощности, т. е. в контуре рабочей мощности.

Рабочая мощность определяется для каждого месторождения или для группы месторождений на основании технико-экономических расчетов Главными управлениями или Техническими управлениями соответствующих ведомств, которыми проводится или будет проводиться эксплуатация этих месторождений, и принимается геологами при подсчете запасов как утвержденная величина. Величина рабочей мощности для различных месторождений может быть различной. Например, для угольных месторождений Донбасса она составляет 0,4 м, для Кузбасса и Караганды 0,6—0,7 м, а для Подмосковского бассейна и месторождений бурых углей Украины 1,0 м.

## Общая, эксплуатационная и полезная мощности

При подсчете запасов угля и некоторых других полезных ископаемых, залегающих в виде неоднородных по составу пластов или залежей, расчлененных прослоев породы, выделяют мощность общую, эксплуатационную и полезную.

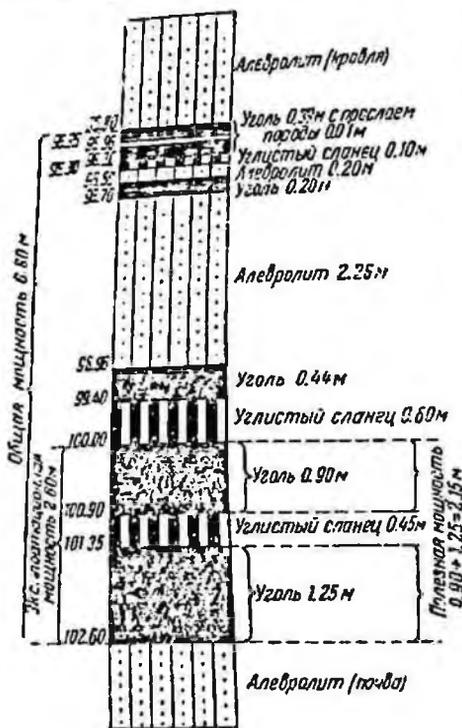


Рис. 43. Общая, эксплуатационная и полезная мощности угольного пласта в разрезе по скважине

**Общей мощностью** называется суммарная мощность от кровли до почвы угленосного или рудоносного пласта, включая все прослои породы.

**Эксплуатационной мощностью** называется суммарная мощность угля и прослоев породы для рабочей части пласта. Эксплуатационная мощность может быть больше рабочей, но не может быть меньше ее, так как рабочая мощность устанавливается как минимальная.

**Полезная мощность** определяется как сумма мощностей угольных пачек, подлежащих выемке на интервале рабочей части пласта.

Определение эксплуатационной и полезной мощностей производится на основании требований промышленности, которые рассматриваются ниже.

В качестве примера определения указанных значений мощностей пласта на рис. 43 приведен разрез по одной из скважин, вскрывшей пласт угля.

### Средняя мощность тела полезного ископаемого

Для большинства способов подсчета запасов требуется определение средней мощности тела полезного ископаемого или части его, запасы которой подсчитываются отдельно. Среднее значение мощности может быть определено либо средним арифметическим способом по формуле

$$m_c = \frac{\sum m}{n}, \quad (21)$$

либо средним взвешенным способом по формуле

$$m_c = \frac{\sum ml}{\sum l}, \quad (22)$$

где  $m_c$  — средняя мощность тела полезного ископаемого или части его;  
 $m$  — мощности по отдельным замерам в контуре подсчетного участка;  
 $n$  — количество замеров мощностей;  
 $l$  — расстояние, на которое распространяется влияние значения данного замера мощности.

Иногда, при крайне сложной форме тела полезного ископаемого величину  $l$  заменяют площадью влияния отдельного замера мощности (рис. 44) и тогда формула будет иметь следующий вид:

$$m_c = \frac{\sum m \cdot S_m}{\sum S_m}, \quad (23)$$

где  $S_m$  — площадь влияния отдельных замеров мощностей.

Средний арифметический способ определения среднего значения мощности применяют во всех случаях более или менее равномерного распределения пунктов замера мощностей. Этот способ является наиболее простым и наименее трудоемким, поэтому при опробовании тел полезных ископаемых во всех случаях следует сохранять принятые расстояния между замерами мощностей и строго их придерживаться. При указанных условиях этот способ не уступает по своей точности более сложным вычислениям.

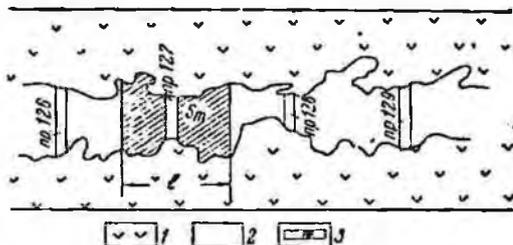


Рис. 44. Схема распространения линейного и площадного влияния отдельных проб при определении средней мощности тела полезного ископаемого

1 — вмещающие породы; 2 — тело полезного ископаемого; 3 — места отбора безразловных проб и замеры мощностей —  $m$ ;  
 $l$  — расстояние влияния пробы № 127;  $S_m$  — площадь влияния данного замера мощности, заштрихованная часть

При неравномерном распределении пунктов замеров мощностей тела полезного ископаемого может быть применен как среднеарифметический, так и средневзвешенный способы определения средних величин мощностей в зависимости от характера изменчивости мощности тела полезного ископаемого.

Если изменение мощности тела полезного ископаемого не подчинено какой-либо закономерности или эта закономерность не выявлена, то при определении средней мощности следует использовать только среднеарифметический способ. Правильность этого положения хорошо доказана Н. В. Володомоновым [1944] на примере определения средних содержаний компонентов в минеральном сырье.

Если изменение мощности является закономерным (например, плавное сокращение мощности при полном или неполном выклинивании тела полезного ископаемого), то при резко неравномерном распределении пунктов замера мощностей средняя мощность должна определяться путем взвешивания частных значений мощности на длины или площади их влияния, как указано выше.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА, ВЛАЖНОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Оценка ряда полезных ископаемых производится по их физико-механическим свойствам или по сочетанию химического состава и физико-механических свойств минерального сырья. Правильному определению физико-механических показателей при подсчете запасов таких групп

полезных ископаемых уделяется такое же внимание, как и установленно химического состава. К числу наиболее важных физико-механических показателей относятся: объемный и удельный вес, естественная влажность, разрыхляемость, пористость, водопоглощение, морозоустойчивость, сопротивление сжатию, теплопроводность, электропроводность, кислотоупорность и некоторые другие. Ниже приведены краткие сведения об учете некоторых из этих показателей при подсчете запасов.

### Объемный вес

Для большинства полезных ископаемых объемный вес определяется с целью установления количества минерального сырья, выражаемого в весовых единицах, а для некоторых видов строительных материалов (бут, щебень и др.) объемный вес является одним из показателей, характеризующих качество минерального сырья.

Объемный вес твердых полезных ископаемых может быть определен в лабораторных и в полевых условиях; объемный вес определяется для всех разновидностей и сортов минерального сырья, устанавливаемых на каждом месторождении.

В лабораториях объемный вес обычно определяют одним из следующих способов:

1) пикнометрически — в этом случае часть проб полезного ископаемого дробится в порошок и погружается в сосуд с водой; разность между весом сосуда с водой и сосуда с водой, содержащей порошок полезного ископаемого, дает возможность определить удельный вес последнего;

2) взвешиванием образцов полезного ископаемого в воздухе и в воде;

3) взвешиванием образцов и определением их объема в мерном сосуде.

В последних двух случаях образцы полезного ископаемого перед взвешиванием в воде или другой жидкости часто покрывают тонкой пленкой парафина (путем мгновенного погружения их в расплавленный парафин) или лака.

Удельный вес нефти определяется взвешиванием определенных объемов нефти, полученных при опробовании скважин.

*Полевым способом* определения объемного веса является валовый способ. В этом случае в теле полезного ископаемого проходится горная выработка и вся добываемая масса взвешивается, а пройденное пространство тщательно замеряется. Соотношение объема и веса полезного ископаемого позволяет определить объемный вес последнего. Объем в 10 м<sup>3</sup>, соответствующий продвижению обычной горноразведочной выработки на 2—3 м, является достаточным для определения объемного веса валовым способом.

Если в лабораторных условиях применяют пикнометрический способ или взвешивание образцов без предварительного парафинирования, то определяют удельный, а не объемный вес полезных ископаемых, не учитывая естественную их пористость и трещиноватость. Но и при взвешивании образцов с предварительным их парафинированием или лакировкой получают завышение значения объемных весов, так как в этом случае не учитывается естественная крупная трещиноватость и крупные полости в теле полезного ископаемого. Поэтому лабораторные методы определения объемных весов минерального сырья требуют проведения контрольных определений полевым способом, которым является валовый метод выемки целиков, учитывающий не только микропористость и микротрещиноватость, но и крупные полости в теле полезного ископаемого.

Резкое несоответствие в определениях объемных весов рыхлых, кавернозных и пористых руд различными способами хорошо видно из табл. 3, составленной по данным В. Г. Соловьева [1937]: завышения значений объемного веса, определенного лабораторным способом, по сравнению с определениями валовым способом составляют для цинковых крепких руд Турланского месторождения 63%, для охристых свинцовых руд 90%. Приведенные в таблице данные показывают, что в подобного рода случаях объемный вес руды следует определять только валовым способом. В общем же случае, к результатам лабораторных определений может быть введен поправочный коэффициент ( $K_0$ ), который определяется как отношение значения объемного веса полезного ископаемого, полученного по данным валового контрольного опробования ( $d_k$ ), к значению объемного веса, полученного лабораторными способами ( $d_l$ ), т. е.

$$K_0 = \frac{d_k}{d_l} \quad (24)$$

Таблица 3

Объемные веса турланских руд, определенные разными способами  
(в процентах к весу, определенному валовым способом)

Типы руд	Способы определения		
	валовой	штуфной	пикнометрический
Охристые свинцовые	100	99	190
Кремнистые свинцовые	100	107	142
Известковые свинцовые и цинковые	100	109	158
Цинковые крепкие	100	111	163
	100	107	163

Валовой способ из-за его трудоемкости и громоздкости не может быть рекомендован для широкого использования. Область его применения обычно ограничивается сыпучими, кавернозными, сильно пористыми или трещиноватыми телами полезных ископаемых. Для достаточно плотных полезных ископаемых валовой способ применяется только в качестве контрольного, с целью корректировки результатов, получаемых в лабораторных условиях. Количество контрольных определений должно быть достаточным для надежного вывода поправочного коэффициента и обычно составляет от 3 до 8 определений на каждый сорт полезного ископаемого.

Б. И. Галкин [1949] предложил определять объемный вес в полевых условиях посредством замера фактических сечений отдельных бороздовых проб (или керн при разведке бурения) и вычисления фактического объема отбитой пробы (или керн), а также взвешивания материала пробы. Путем деления веса пробы (или керн) на вычисленный объем пробы (или керн) можно получить значение объемного веса.

Помимо перечисленных выше, существуют и другие методы определения объемного веса. В частности, можно указать на определение объемного веса по зависимости между содержанием тех или иных элементов и массой минерального сырья (корреляционный метод). Этот метод учитывает, что на величину удельного, а следовательно, и объемного весов оказывают влияние химический и минералогический состав минерального сырья. Путем несложных расчетов можно выявить зависимость удельного веса этого сырья от содержания в нем полезного компонента.

Для наиболее простого случая, когда, например, руда состоит из двух компонентов (кварца и касситерита), удельный вес руды может быть определен по формуле

$$d_p = d_n + \frac{d_m - d_n}{100} c_m \quad (25)$$

где  $d_p$  — удельный вес руды;  
 $d_n$  — удельный вес нерудной части (например, кварца);  
 $d_m$  — удельный вес минерала (например, касситерита);  
 $c_m$  — содержание минерала в руде, %.

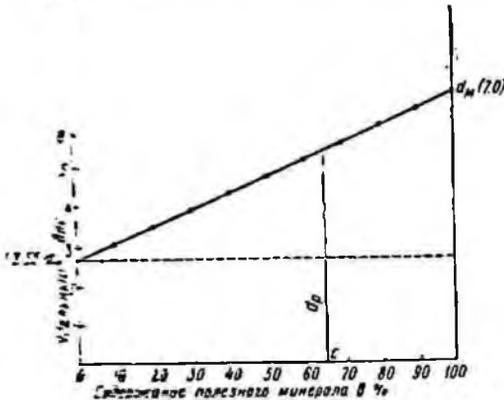


Рис. 45. Зависимость удельного веса руды от содержания в ней минерала

$d_n$  — удельный вес нерудной части (кварца);  $d_m$  — удельный вес минерала (касситерита);  $d_p$  — удельный вес руды (точками отмечены промежуточные значения удельного веса руды)

Приведенная зависимость удельного веса руды от удельных весов входящих в ее состав компонентов видна из схемы (рис. 45), с помощью которой можно составить отношение

$$\frac{d_m - d_n}{100} = \frac{d_p - d_n}{c} \quad (26)$$

Если полезным компонентом является не минерал, а содержащийся в нем элемент, например олово в касситерите, то  $c$  может быть заменено соответствующим значением, исходя из следующей зависимости:

$$c = \frac{c_m \cdot c_s}{100} \quad (27)$$

где  $c$  — содержание элемента (металла) в руде;  
 $c_m$  — содержание минерала в руде;  
 $c_s$  — содержание элемента в минерале.

Тогда формула (25) примет следующий вид:

$$d_p = d_n + (d_m - d_n) \frac{c}{c_s} \quad (28)$$

А. М. Филиным [1956] для определения объемного веса руды предложена более общая формула, согласно которой

$$d_p = \frac{d_n}{1 - \left[ \left( \frac{c_1}{c_1'} + \frac{c_2}{c_2'} + \dots + \frac{c_n}{c_n'} \right) - d_n \left( \frac{c_1}{d_1 c_1'} + \frac{c_2}{d_2 c_2'} + \dots + \frac{c_n}{d_n c_n'} \right) \right]} \quad (29)$$

где  $c_1, c_2 \dots c_n$  — содержание данного металла в руде, %;  
 $c_1', c_2' \dots c_n'$  — содержание соответствующих металлов в минерале;  
 $d_p$  — объемный вес руды;  
 $d_n$  — объемный вес нерудной части;  
 $d_1, d_2 \dots d_n$  — объемные веса рудных минералов.

Эти формулы, как и ряд других аналогичных формул и расчетов, которые здесь не приводятся, в практике применяют редко, так как в большинстве случаев они не дают необходимой точности, и фактические объемные веса отличаются от величин, вычисленных по формулам.

Это прежде всего объясняется тем, что состав минерального сырья большинства месторождений достаточно сложный и объемный вес его изменяется не только от содержания полезного компонента, но и от содержания отдельных составляющих нерудную часть, например барита полиметаллических месторождений, пирита меднорудных и т. д. Кроме того, вычисленные по формулам величины, как указано выше, являются удельными, а не объемными весами, и поэтому они не всегда пригодны для подсчета запасов.

Чаще в практике пользуются не формулами, а кривыми зависимости объемного веса минерального сырья от содержания в нем полезного компонента. Такие кривые строятся на основании большого количества (обычно несколько десятков или сотен) фактических определений объемного веса, что нередко обеспечивает их достаточную точность. Схема одной из таких кривых приведена на рис. 46.

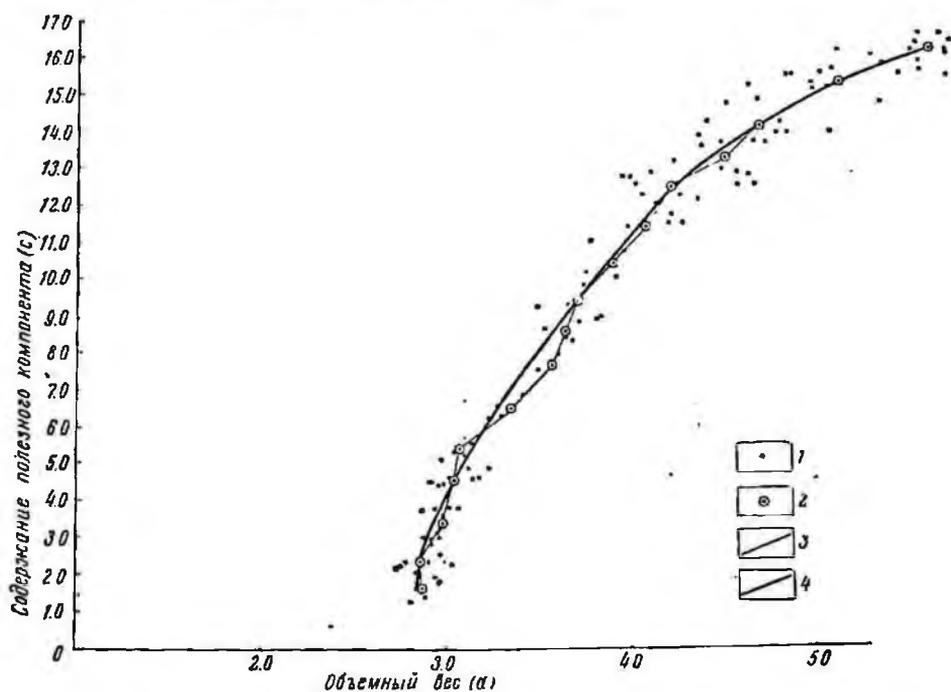


Рис. 46. Кривая зависимости объемного веса от содержания полезного компонента  
 1 — данные единичных анализов; 2 — средние значения по классам содержаний; 3 — фактическая кривая зависимости; 4 — средняя кривая зависимости

Объемный вес должен определяться для каждого сорта полезного ископаемого, запасы которых учитываются самостоятельно. Количество определений объемного веса для каждого сорта не регламентировано, но оно должно быть достаточным для надежного обоснования средних величин. Опыт подсчетов запасов и принципы вариационной статистики показывают, что для однообразных по сложению полезных ископаемых бывает достаточно 10—20, а для более сложных 20—30 определений объемного веса типичного материала для каждого сорта полезного ископаемого. Дальнейшие определения объемного веса не меняют его среднего значения, поэтому определения свыше указанного количества нецелесообразны.

Значения объемных весов, применяемые при подсчете запасов некоторых полезных ископаемых, приведены в табл. 4.

Объемные веса некоторых полезных ископаемых

Таблица 4

Полезное ископаемое	Месторождение и тип минерального сырья (руды)	Объемный вес
Андазузит	Семиз-Бугу	2,97—3,83
Асбест	Баженово	2,5
Барит	Арпаклен	3,6—4,56
	Башкишланское	4,11
Бораты	—	2,01
Бокситы	Тихвинские	1,5—1,8
	Северный Урал	2,5—2,7
	Пироговское	1,8
	Колчеданское — глиноподобная	1,54
	— каменистая	2,18
Вулканический туф	Синднское	1,17—1,40
Гипс	Покровское-Михайловское	2,2
Гранитоиды	Семеновское	2,41—2,66
	Андреа	2,55—2,71
Графит	Ботогольское	2,35
	Тайгинское	2,57
Глина	Латненское	1,8—2,52
Доломит	Ново-Троицкое	2,4
	Никитовское	2,5—2,6
Железо	Елизаветинское — порошковая	1,1
	— кремнистая	1,6
	— редниковая	1,9
	Малкинское — мелкооолитовая	2,82—3,08
	— магнетит-хлоритовая	2,92
	Магнитная — окисленная	3,1—3,9
	— первичная	3,1—4,3
	Криной Рог — мартино-гидрогематитовая	3,25—3,8
	— маритовая (синька)	3,5—3,7
	— магнетитовая	3,79—4,79
	Тульское—бурые железняки	2,0
Золото	Березовское	2,4—2,7
	Кочкарь	2,66
	Советский рудник	2,69
	Дарасун	2,8—3,7
Известняк	Еленовское	2,4—2,58
	Лебяжинское	2,6
Каолин	Владимирское	1,8—2,06
Кварцит	Гора Караульная	2,63—2,65
Корунд	Семиз-Бугу	2,97—3,33
Марганец	Никополь	1,58—2,56
	Чнатуры — окисная	1,9—2,9
	— карбонатная	2,2—2,6
	Усинское	3,0
Магнезит	Саткинское	2,9
Медь	Коунрад, Алмалык	2,5—2,6
	Джезказган	2,6
	Зангезур	2,7
	Блява вкрапленная	2,3—3,0
	— колчеданная	3,7—3,9
	Дегтирка — вкрапленная	3,8
	— колчеданная	4,0—4,2
Мрамор	Ороктойское	2,7
	Уфалейское	2,68—2,75



При определении объемного веса следует помнить, что он зависит от минералогического и химического состава минерального сырья и его влажности в момент определения (особенно для пористых руд). Поэтому необходимо одновременно с определением объемного веса производить и определение влажности и химического состава тех же образцов и проб, по которым производится определение объемного веса. Определение объемного веса без одновременного определения влажности или определение влажности по другим образцам может привести к ошибкам.

### Влажность

Все полезные ископаемые обладают той или иной естественной влажностью, и объемный вес обычно определяют для естественно влажного минерального сырья. В то же время определение содержания ценных компонентов в минеральном сырье производится после просушивания проб при 105—110°, т. е. для сухого сырья. В этих случаях данные о содержаниях ценных компонентов, например металлов в руде, требуют пересчета их на влажное сырье.

Для пересчета содержаний компонентов, определенных для сухих навесок (проб), на содержание их в естественно влажном сырье используют следующую зависимость:

$$c_{вл} = \frac{(100 - B) \cdot c_{сух}}{100}, \quad (30)$$

где  $c_{вл}$  — содержание полезного компонента во влажной руде, % или г/т;

$c_{сух}$  — то же в сухой руде;

$B$  — влажность, при которой определен объемный вес, %.

Влажность ( $B$ ) определяется путем сравнения веса проб ( $q$ ) влажного минерального сырья с весом тех же проб, просушенных до постоянного веса при 105—110°, по формуле

$$B = \frac{(q_{сыр} - q_{сух}) \cdot 100}{q_{сыр}}. \quad (31)$$

Влажность не является величиной строго постоянной и может изменяться в зависимости от глубины залегания полезного ископаемого, от времени года, от изменения уровня грунтовых вод на месторождении и от других факторов. Так, на Марсятском марганцевом месторождении влажность руды изменяется от 1,6 до 20,8%, на Североуральских бокситовых месторождениях — от 6 до 12%.

При подсчете запасов обычно пользуются средним значением влажности, которое получают как среднее арифметическое из достаточного количества определений. Такое определение дает только приближенное значение влажности в момент определения (например, весной) и может отличаться от среднего значения влажности в другое время года (например, летом).

Кроме того, влажность минерального сырья меняется в одно и то же время года в пределах месторождения. Значительная изменчивость объемного веса и влажности руд от глубины залегания на одном из полиметаллических месторождений хорошо видна на рис. 47 и 48, заимствованных из материалов В. Г. Ли [1954].

Для точного определения среднего значения влажности следовало бы величину влажности каждого сорта взвешивать на количество минерального сырья, обладающего данной влажностью. Однако методика точного определения количества минерального сырья, обладающего той или иной влажностью, пока не разработана.



Полезное ископаемое	Месторождение и тип минерального сырья (руды)	Влажность, %
Железо	Кривой Рог — сырьевая	до 3,7
	— магнетитовая	1,43
Золото	Тульская группа	16,9
	Березовское	2—3,6
	Кочкарь	4—5
Марганец	Дарасун	4
	Чнатуры	до 5
	Никополь	до 26
Мель	Усинское	36
	Блява	4—6,3
Никель	Кимперсайская группа	27,9—33,3
	Аккермановское	34,3
Уголь	Донбасс	3,2—13,0
	Кузбасс	4—9
	Караганда	3—7
	Подмосковный бассейн	8—38
	Челябинский	14—22
	Бурый уголь Украины	10—57
Флюорит	Аурахмат	1,9
Фосфорит	Егорьевское	до 21
Цементное сырье	Амвросиевское	20

### Другие физико-механические свойства

Для оценки некоторых видов минерального сырья, кроме объемного веса, удельного веса и влажности, необходимо знание ряда их физико-механических свойств. К таким свойствам относятся: водопоглощение, водонасыщенность, морозоустойчи-

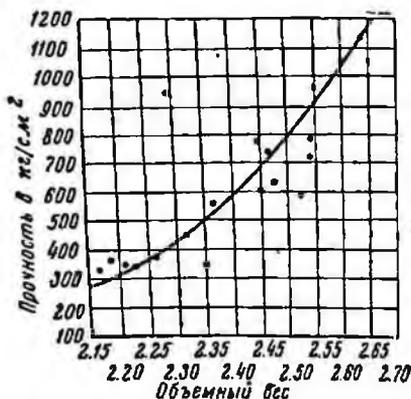


Рис. 49. График зависимости между объемным весом известняка и прочностью для Центрально-Сокского месторождения (по Ф. Н. Корюкину)

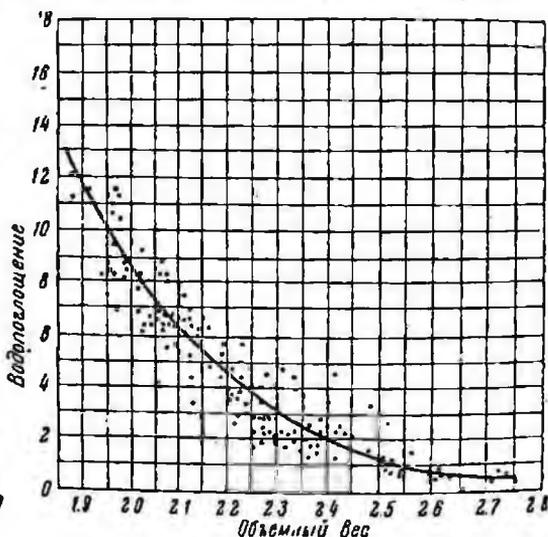


Рис. 50. График зависимости между объемным весом известняков и водопоглощением для Центрально-Сокского месторождения (по Ф. Н. Корюкину)

вость, сопротивление сжатию, теплопроводность, электропроводность, кислотоупорность и некоторые другие, определение которых производится в лабораторных условиях, а методика регламентирована соответствующими ГОСТ или техническими условиями.

Не рассматривая методы определения указанных свойств, следует отметить, что для целого ряда месторождений, главным образом нерудного сырья, устанавливается зависимость между некоторыми физическими показателями и объемным весом минерального сырья. При наличии такой связи массовые определения физико-механических свойств не производят, а при подсчете запасов используют графики зависимости. Примеры таких диаграмм, заимствованные из материалов Ф. Н. Корюкина [1954], приводятся на рис. 49 и 50. На них видна отчетливая прямая зависимость между объемным весом и прочностью (рис. 49) и обратная зависимость между объемным весом и водопоглощением (рис. 50). Использование графиков зависимости между отдельными физико-механическими параметрами дает возможность резко сократить объем работ по определению тех или иных физико-механических свойств минерального сырья.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Тщательная оценка качества минерального сырья при разведке месторождений и при подсчете запасов совершенно обязательна и этому вопросу всегда уделяется должное внимание.

Некоторые виды минерального сырья, например известняки, глины, угли и др., целиком являются полезным ископаемым и при подсчете запасов требуют только качественной их характеристики без подсчета запасов отдельных компонентов. В других видах минерального сырья, например в железных рудах, бокситах, хромитах и др., хотя и не подсчитываются запасы входящих в их состав ценных элементов, но содержание их определяется. Многие же виды минерального сырья, особенно рудного, требуют не только определения содержаний компонентов в руде, но и подсчета запасов этих компонентов. При оценке качества минерального сырья выясняется содержание как основных полезных компонентов, так и всех попутных компонентов, и дается их промышленная оценка; одновременно выясняется наличие и содержание вредных примесей.

Определение ценных компонентов, запасы которых подсчитываются, производится в лабораторных условиях, и методы этих определений описываются в специальной литературе.

В большинстве случаев содержание полезных компонентов определяется химическими анализами, но и другие методы, особенно геофизические, спектральный, полярографический и прочие все шире внедряются в анализы разведочных проб. Желательно, чтобы геологи, разведывающие определенные виды полезных ископаемых, были знакомы с наиболее совершенными методами анализов их и могли сознательно оценивать надежность этих методов.

Ниже приводится описание обработки лабораторных данных о содержании полезных компонентов для целей подсчета запасов.

#### Единицы измерения

Ценные компоненты определяются в пробах в двух видах: в виде ценного элемента (или его простейших соединений, чаще всего окисла) и в виде ценного минерала.

Для коренных месторождений твердых полезных ископаемых содержание элемента или его химического соединения определяется в процентах или в граммах (миллиграммах) на тонну минерального сырья.

Содержание висмута, железа, кадмия, кобальта, марганца, молибдена, меди, мышьяка, никеля, олова, ртути, свинца, серы, сурьмы, тория, урана и цинка определяется в виде элементов. Бериллий определяется

в виде  $B_2O_3$ , бораты —  $B_2O_3$ , ванадий —  $V_2O_5$ , вольфрам —  $WO_3$ , литий —  $Li_2O$ , титан —  $TiO_2$ , хром —  $Cr_2O_3$ , фосфор и фосфориты (типа карагауских) —  $P_2O_5$ .

Содержание брома и йода определяется в миллиграммах на литр. В каменных солях и в рапе содержание полезного ископаемого определяется в виде сырых солей.

Содержание барита, виверита, графита, корунда, озокерита, флюорита подсчитывается в весовых процентах этих минералов к массе минерального сырья. Содержание слюды определяется в килограммах на кубический метр сырья, а оптических минералов — в килограммах на квадратный метр площади тела полезного ископаемого.

Для россыпных месторождений определяется содержание ценного компонента на кубический метр породы: благородных металлов (золото, платина) — в граммах (или миллиграммах), ильменита, вольфрамита, касситерита, киновари, корунда, монацита — в граммах или килограммах, алмазов — в каратах или миллиграммах.

Запасы различных сортов апатита, асбеста, бокситов, огнеупорных глин, изверженных пород в качестве строительных материалов, стекловых и формовочных песков, фосфоритов желвачного типа подсчитываются по стандартным маркам, обычно установленным ГОСТ. Для таких полезных ископаемых, как нефть, уголь, горючие газы, горючие сланцы, алуаниты, битум, гипсы, известняки, каолины, кирпичные глины, тальк, магнезит, мрамор, цементное сырье, минеральные краски, содержание и запасы отдельных входящих в них компонентов не определяются.

### Контрольные анализы

Содержания полезных компонентов в минеральном сырье, определяемые на основании химических проб, обязательно проверяются специальными контрольными анализами, которые должны подтвердить надежность основных массовых определений и правильность работы химической лаборатории. При определении содержания полезных компонентов в минеральном сырье могут быть допущены как случайные, так и систематические погрешности. Графически характеристика точности химических анализов может быть представлена схемой, изображенной на рис. 51.

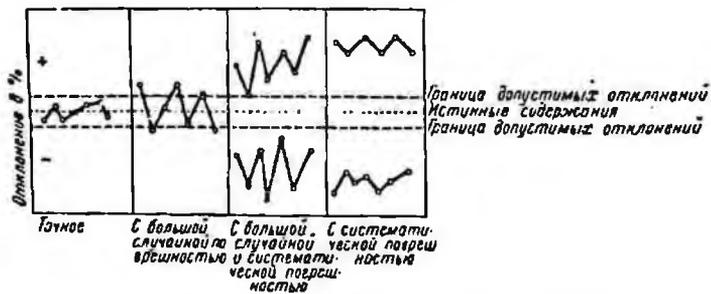


Рис. 51. Характеристика анализов по их точности (по Н. В. Барышеву)

С целью выявления возможных погрешностей производят внутренний и внешний контроль работы первичной лаборатории. Кроме того, в случае наличия серьезных расхождений между рядовыми и внешними контрольными анализами необходимо проведение арбитражных анализов в третьей, наиболее авторитетной лаборатории.

Рекомендуется направлять на контрольный анализ пробы, группируя их: по периодам анализов, пределам содержания металла в руде, объемному весу руды, типам руд, участкам месторождения, типам проб и анализикам, выполнявшим рядовые анализы, — и определять отклонения контрольных анализов по такого рода группам проб.

Ниже рассматривается каждый вид контроля отдельно.

### Внутренний контроль

Внутренний контроль осуществляется в той же лаборатории, в которой производятся основные анализы рядовых проб, путем анализа некоторого количества зашифрованных дубликатов проб. Основной задачей внутреннего контроля является своевременное выявление и устранение недопустимых случайных погрешностей рядовых анализов, связанных с неудовлетворительной работой лаборатории. Величина средней случайной погрешности определяется как среднеарифметическое из отклонений индивидуальных проб без учета знака.

Пример определения средней случайной погрешности приведен в табл. 6. По данным этой таблицы, средняя абсолютная случайная ошибка определяется по формуле

$$p = \frac{\sum(x)}{n}, \quad (33)$$

где  $p$  — средняя абсолютная случайная ошибка;

$x$  — величина отклонения без учета знака;

$n$  — количество определений.

Для приведенного случая

$$p = \frac{10,75}{35} = 0,31\%.$$

Наиболее важная величина — средняя относительная погрешность — определяется по формуле

$$P = \frac{p}{M} 100, \quad (34)$$

где  $P$  — средняя относительная случайная ошибка;

$M$  — среднее арифметическое содержание полезного компонента в основных пробах.

В приведенном примере

$$P = \frac{0,31}{2,88} = 10,7\%.$$

Применяемое иногда определение величины случайной погрешности сопоставлением средних содержаний по основным и контрольным анализам неправильно. В нашем примере разница между основными и контрольными определениями (2,88 и 2,87) составит всего лишь 0,01%; такой расчет вуалирует фактическую величину погрешности и не может приниматься в расчет.

Очень важно, чтобы внутренний контроль был систематическим, с этой целью необходимо пробы на контрольный анализ отбирать регулярно, например один-два раза в квартал.

Обычно 15—30 анализов, равномерно распределенных в течение периода контроля, бывает для этих целей достаточным. Точность анализов должна быть проверена для каждого природного типа полезного ископаемого и по отдельным сортам его, в зависимости от содержания полезного компонента.

Допустимые средние случайные погрешности в определении содержаний компонентов для большинства руд предусмотрены инструкциями ГКЗ и приведены в табл. 7, 8 и 9.

Таблица 6

Определение величины случайной погрешности (в %)

№ п.п.	№ основной пробы	№ контрольной пробы	Содержание по основным анализам (с)	Содержание по контрольным анализам (с')	Знак отклонения	Величина отклонения (х)
1	873	2001	2,15	2,51	+	0,36
2	874	2002	2,48	1,98	-	0,50
3	875	2003	1,95	2,15	+	0,20
4	876	2004	3,41	2,41	-	1,00
5	877	2005	2,01	2,06	+	0,05
6	878	2006	3,14	2,98	-	0,16
7	879	2007	3,85	3,99	+	0,14
8	880	2008	2,12	1,90	-	0,22
9	881	2009	1,98	2,16	+	0,18
10	882	2010	2,16	1,89	-	0,27
11	883	2011	2,55	2,75	+	0,20
12	884	2012	2,69	3,96	+	1,27
13	885	2013	1,99	2,18	+	0,19
14	886	2014	2,49	2,21	-	0,28
15	887	2015	3,51	2,98	-	0,53
16	888	2016	3,72	3,51	-	0,21
17	889	2017	3,90	3,71	-	0,19
18	1721	2018	3,44	2,99	-	0,45
19	1722	2019	2,86	3,15	+	0,29
20	1723	2020	2,42	2,64	+	0,22
21	1724	2021	4,01	3,95	-	0,06
22	1725	2022	2,09	2,22	+	0,13
23	1844	2023	2,47	2,23	-	0,24
24	1845	2024	3,81	3,56	-	0,25
25	1846	2025	4,12	4,01	-	0,11
26	1847	2026	3,56	3,21	-	0,35
27	1848	2027	2,87	3,12	+	0,25
28	1849	2028	2,35	2,96	+	0,61
29	1900	2029	2,71	2,98	+	0,27
30	1901	2030	3,83	3,41	-	0,42
31	1902	2031	4,31	4,18	-	0,13
32	1903	2032	2,75	3,28	+	0,53
33	1904	2033	1,98	2,08	+	0,10
34	1905	2034	1,89	2,09	+	0,20
35	1906	2035	3,21	3,02	-	0,19
Итого:			100,78	100,41		10,75

Средняя абсолютная случайная погрешность  $p = 10,75 : 35 = 0,31\%$ .  
 Среднее содержание в основных пробах  $M = 100,78 : 35 = 2,88\%$ .  
 в контрольных  $M^1 = 100,41 : 35 = 2,87\%$ .  
 Средняя относительная погрешность  $P = 0,31 : 2,88 \cdot 100 = 10,7\%$ .

Таблица 7

Допустимые средние случайные погрешности химических анализов руд черных и цветных металлов

Компоненты	Содержание в руде (в породе) в абсолютных процентах, а для серебра в г/т	Предельно допустимая средняя случайная погрешность в процентах к содержанию определяемого элемента в пробе
Железо	Выше 30	1—2
	10—30	2—4
	5—10	4—8
Закись железа	Выше 5	2—4
	1—5	4—7
Хром	Выше 10	1—3
	1—10	3—7
	до 1	7
Марганец	Выше 5	2—4
	1—5	4—7
	0,05—1	7—20
Кремнезем	30—50	2—3
	10—30	3—8
	3—10	8—15
Глинозем	Выше 20	2—4
	5—20	4—8
	1—5	8—20
Окись магния	Выше 5	3—10
	1—5	10—20
Окись кальция	Выше 25	3—5
	5—25	5—10
	1—5	10—25
Сера	Выше 20	1—2
	1—20	2—5
	0,05—1	5—10
	до 0,05	15
Сульфат бария	Выше 5	1—7
	1—5	7—15
Свинец	Выше 15	2—4
	6—15	4—6
	0,5—6	6—12
	до 0,5	12
Цинк	Выше 25	2—3
	10—25	3—6
	0,5—10	6—15
	до 0,5	15
Медь	Выше 3	3—7
	0,5—3	7—10
	до 0,5	10—15
Никель	1—5	3—7
	0,2—1	7—15
	до 0,2	15
Олово	Выше 1	3—7
	0,25—1	7—15
	0,05—0,25	15—30
Трехокись вольфрама	Выше 1	3—8
	0,25—1	8—15
	0,05—0,25	15—30

Компоненты	Содержание в руде (в породе) в абсолютных процентах, а для серебра в г/т	Предельно допустимая средняя случайная погрешность в процентах к содержанию определяемого элемента в пробе
Молибден	Выше 1 0,25—1 до 0,25	2—5 5—10 10—20
Ртуть	Выше 2 0,25—2 ниже 0,25	4—7 7—15 15—30
Сурьма	Выше 2 0,2—2	3—12 12—20
Мышьяк	Выше 2 0,5—2 до 0,5	1—5 5—7 10
Фосфор	Выше 0,3 0,03—0,3	3—7 7—5
Титановый ангидрид	2—15 0,1—2	2—5 5—20
Кобальт	Выше 0,5 до 0,5	2—6 6
Висмут	Выше 0,6 0,2—0,6	5—15 15—20
Ванадий	Выше 0,5 0,06—0,5	3—10 10—30
Серебро	Выше 100 30—160 10—30	1—3 3—5 5—12
Тантал	Выше 10 1—10 0,1—1 до 0,1	3—5 5—10 10—20 20
Ниобий	Выше 10 1—10 0,1—1 до 0,1	3—5 5—10 10—20 20
Кадмий	Выше 1 0,1—1 0,01—0,1 до 0,01	3—5 5—10 10—30 30
Цирконий	Выше 3 1—3 0,1—1 до 0,1	2—5 5—10 10—15 15—25
Бериллий	5—10 0,1—5 0,01—0,1	3—5 5—10 10—30

Примечания: 1. В таблице приведены средние величины случайных погрешностей переменного знака ( $\pm$ ) в относительных процентах к содержанию металла, определяемые как средние арифметические из единичных погрешностей, без учета знака их.

2. На месторождениях с весьма и крайне неравномерным оруденением для подсчетов, основывающихся на массовых определениях, возможно применение методов анализа, дающих более высокие случайные погрешности (например, экспресс-анализов), при условии доказанного отсутствия систематических ошибок.

3. Если анализ производится в воздушно-сухих навесках, результаты должны быть пересчитаны на вещество, просушенное при 105—110° С.

Таблица 8

Допустимые средние случайные погрешности химических анализов  
(в абсолютных процентах) бокситов, кварцитов и песчаников

Компоненты	Обычная (нормальная для лаборатории) погрешность	Предельно допустимая погрешность для использования анализов при подсчете средних содержаний
<b>Бокситы</b>		
SiO <sub>2</sub>	0,30	0,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,00	2,00
TiO <sub>2</sub>	0,25	1,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,00	2,00
CaO	0,25	0,25
MgO	0,25	1,00
п. п. п.	0,50	1,00
<b>Кварциты и песчаники</b>		
SiO <sub>2</sub>	0,50	1,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,30	0,50
TiO <sub>2</sub>	0,25	0,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,50	0,50
CaO	0,25	0,25
S	0,01	0,01
P	0,02	0,02
As	0,02	0,02
Sb	0,02	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,20	0,20
K <sub>2</sub> O	0,20	0,20

Примечание. Для руд, средний состав которых находится на границе промышленной сортности, предельно допустимые расхождения не должны выходить за пределы нормативов для лаборатории.

Таблица 9

Допустимые случайные погрешности анализов золота (‰) при различных содержаниях

Содержание золота, г/т	Пробы руд с тонким дисперсным золотом, главным образом в сульфидах (до 0,1 м.м)	Пробы руд со средним по крупности золотом в сульфидах и кварце (до 0,6 м.м)	Пробы руд с крупным, часто видимым золотом, главным образом в кварце
до 4	15	25	35
4—16	5—10	10—20	15—25
16—64	2,5—5	5—10	7—15
более 64	2,5	5	7

Примечание. Мерой, характеризующей абсолютный размер случайной погрешности, служит средняя величина полуразности между показателями первичных и контрольных анализов.

Для других видов минерального сырья, в частности для большинства неметаллических полезных ископаемых, средняя величина допустимой случайной погрешности анализа инструкциями ГКЗ не предусмотрена. В этих случаях методика определения компонентов, обуславливающих качество нерудного сырья, определяется соответствующими ГОСТ, в которых, наряду с указанием метода анализа, определяется и величина допустимых отклонений при повторном анализе.

В тех случаях, когда величина средней относительной погрешности превышает установленные пределы, следует считать основные анализы за контролируемый период времени недоброкачественными.

Приведенный в табл. 6 пример недостаточно показателен, так как колебания в содержаниях по отдельным пробам незначительны и фактически все пробы относятся к одному классу руды по содержанию в ней металла.

При более значительных колебаниях в содержаниях компонентов между отдельными пробами конечные результаты обработки контрольных анализов обычно представляются в виде табл. 10, в которой приведен пример обработки контрольных проб по одному из полиметаллических месторождений Алтая. Случайные погрешности анализов на медь дают несколько завышенные результаты для класса 0,05—0,5% (16% вместо 15% допустимых по нормам) и для класса 0,5—3% (13% вместо 10%). Погрешности анализов на свинец для содержаний выше 0,5% соответствуют установленным нормам, а при содержаниях свинца до 0,5% несколько завышены, достигая 15% относительных вместо 12%, установленных нормами. Аналогичные результаты получены по анализам на цинк, т. е. при содержаниях последнего в пробах выше 0,5% фактическая погрешность не превышает предусмотренных норм, а при содержаниях цинка ниже 0,5% погрешность превышает норму, достигая 18% относительных при 15%, установленных нормами.

Из результатов обработки контрольных анализов вытекает, что данная лаборатория недостаточно точно определяет содержание меди при любых ее содержаниях в руде и содержания свинца и цинка при низких их содержаниях в руде (менее 0,5%).

Таблица 10  
Сводные результаты химических анализов внутреннего контроля работы лаборатории

Компонент	Содержание компонента в классе, %	Количество проб	Среднее содержание, %		Арифметическая сумма отклонений	Абсолютная случайная погрешность	Относительная случайная погрешность (к основным анализам), %	Допустимые отклонения по инструкциям ГКЗ, %
			по контролируемым пробам	по контролируемым пробам				
Медь	0,05—0,5	40	0,14	0,14	0,94	0,023	16	15
	0,5—3,0	33	0,83	0,82	3,45	0,105	13	7—10
Свинец	до 0,5	31	0,29	0,34	1,59	0,051	15	12
	0,5—6,0	39	1,71	1,82	5,29	0,135	7	6—12
	6—15	23	9,27	9,51	11,84	0,513	5	3—6
Цинк	до 0,5	36	0,49	0,55	3,63	0,101	18	15
	0,5—10,0	46	2,22	2,38	10,15	0,221	9	6—15
	10—25	22	17,09	17,66	13,75	0,625	4	3—6

#### Внешний контроль

Внешний контроль осуществляется в другой лаборатории путем анализа части проб. Главной задачей внешнего контроля является своевременное вскрытие и устранение возможных систематических погрешно-

стей в работе основной лаборатории. При внешнем контроле проверяется не только тщательность работы основной лаборатории, но и правильность избранного метода анализа. Внешний контроль работы лаборатории должен быть систематическим. Для этой цели не реже одного раза в квартал или, как исключение, в полугодие отбираются и направляются в контрольную лабораторию пробы в количестве 25—30 для каждого периода контроля и каждого типа и сорта минерального сырья. В начальный период разведки месторождения или работы основной лаборатории контроль должен осуществляться чаще. Отбор проб для производства внешних контрольных анализов необходимо производить из остатков порошков проб в основной лаборатории. Отбор материала для внешнего контрольного анализа не из остатков лабораторных проб, а из их дубликатов не всегда дает возможность установить истинную величину погрешности работы химической лаборатории, так как погрешности подготовки проб к анализам могут вуалировать погрешности химического анализа. Результаты контроля необходимо проверять и сравнивать по отдельным классам содержаний полезного компонента, увязывая эти классы с допусками для случайных погрешностей анализов проб.

До обработки результатов внешнего контроля проверяют правильность отбора порошков проб. Затем исключают грубые ошибки, которые нередко бывают вызваны перепутыванием номеров проб и порошков и не имеют прямого отношения к производству химических анализов. Однако нельзя просто игнорировать такие грубые ошибки, необходимо повторить анализы этих проб, чтобы установить действительное содержание компонента в этих пробах и выявить причину резких расхождений.

После предварительной проверки результатов контроля следует составить сравнительную ведомость, аналогичную ведомости для внутреннего контроля, рекомендованную А. П. Прокофьевым [1955], с вычислением отклонений по каждой пробе и указанием знака отклонения.

Во многих случаях, как и в примере, приведенном в табл. 11, видно явное преобладание одних знаков, что указывает на наличие систематической ошибки. Если в этих случаях количество контрольных анализов достаточно велико (не менее 30 для каждого класса проб), то может быть определен и поправочный коэффициент к результатам анализов проб. Этот поправочный коэффициент ( $K_a$ ) будет равен отношению среднего содержания полезного компонента по контрольным анализам ( $c_k$ ) к среднему содержанию полезного компонента по данным основных анализов ( $c_0$ ) т. е.

$$K_a = \frac{c_k}{c_0}. \quad (35)$$

Например, для случая, приведенного в табл. 11, этот коэффициент будет равен  $7,00 : 5,80 = 1,21$ .

В тех случаях, когда наличие систематической погрешности недостаточно ясно, необходимо проверить это сравнением нескольких партий контрольных анализов. При наличии систематической ошибки она должна быть во всех партиях проб, причем величина ее должна быть постоянной.

При наличии систематической ошибки, в зависимости от ее величины и значения (что особенно важно для руд с содержанием, близким к кондиционному), содержание ценного компонента в минеральном сырье может быть уточнено путем введения поправочного коэффициента. Однако для этого необходимо убедиться в том, что результаты внешнего контроля достаточно точны, не содержат погрешностей и что выявленная систематическая ошибка действительно относится к работе

Сопоставление внешних контрольных анализов с основными<sup>1</sup>

№ п.п	№ проб	Содержание золота по основным анализам, г/т	Содержание золота по контрольным анализам, г/т	Знак расхождения	Величина расхождений
1	775	4,5	5,1	—	0,6
2	776	0,8	1,9	—	1,1
3	777	2,0	3,4	—	1,4
4	778	3,6	4,1	—	0,5
5	779	0,2	1,4	—	1,2
6	780	4,5	5,6	—	1,1
7	781	1,6	2,6	—	1,0
8	782	2,2	3,1	—	0,9
9	783	1,8	3,0	—	1,2
10	784	2,4	4,2	—	1,8
11	785	7,6	8,5	—	0,9
12	786	1,9	2,9	—	1,0
13	787	3,2	4,8	—	1,6
14	788	2,6	4,3	—	1,7
15	789	2,1	3,1	—	1,0
16	790	9,0	10,2	—	1,2
17	791	3,8	6,5	—	2,7
18	792	4,7	5,9	—	1,2
19	793	18,7	20,7	—	2,0
20	794	5,5	7,3	—	1,8
21	795	8,8	9,5	—	0,7
22	796	13,8	15,0	—	1,2
23	797	12,7	13,9	—	1,2
24	798	7,9	9,6	—	1,7
25	799	9,1	10,5	—	1,4
26	800	4,1	6,8	—	2,7
27	801	4,7	6,8	—	2,1
28	802	5,1	6,7	—	1,6
29	803	5,0	8,3	—	3,3
30	804	24,4	27,2	—	2,8
31	805	16,5	19,5	—	3,0
32	806	6,6	8,4	—	1,8
33	807	3,9	4,0	—	0,1
34	808	20,5	22,4	—	1,9
35	809	7,7	5,7	+	2,0
36	810	2,8	3,9	—	1,1
37	811	3,6	4,2	—	0,6
38	812	2,0	2,7	—	0,7
39	813	1,4	1,8	—	0,4
40	814	0,9	1,6	—	0,7
41	815	0,8	0,9	—	0,1
42	816	3,7	3,8	—	0,1
43	817	3,0	3,8	—	0,8
44	818	3,6	4,7	—	1,1
Итого		255,3	310,3	—	55,0

Среднее содержание по основным анализам  $M = 255,3 : 44 = 5,8$ .

Среднее содержание по контрольным анализам  $M^1 = 310,3 : 44 = 7,0$ .

Среднее абсолютное отклонение основных анализов  $p = 55 : 44 = 1,2$ .

Среднее относительное отклонение основных анализов  $P = 1,2 : 5,8 \cdot 100 = 20,7\%$ .

<sup>1</sup> При составлении таблицы использованы материалы Н. В. Барышева (1948).

основной лаборатории. Для этой цели производится достаточное количество (не менее 30) контрольных арбитражных анализов тех же проб (порошков) в третьей, наиболее квалифицированной лаборатории. Только после подтверждения достоверности контрольных анализов арбитражными может быть решен вопрос о применении того или иного поправочного коэффициента к результатам работы основной лаборатории. Одновременно должны быть приняты немедленные меры для устранения ошибок при выполнении анализов в основной лаборатории. При применении поправочных коэффициентов на расхождение основных анализов с контрольными следует помнить, что при этом может уточниться не только величина среднего содержания полезного компонента, но и площадь распространения кондиционного минерального сырья, оконтуриваемая с учетом исправленных данных о содержании по контурным разведочным выработкам или скважинам (рис. 52).

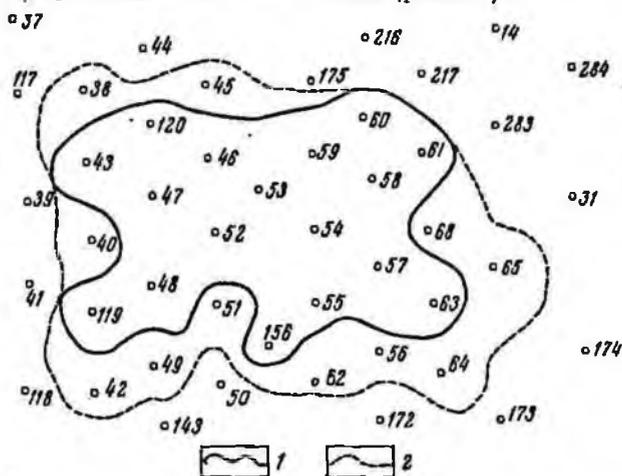


Рис. 52. Уточнение контура залежи после исправления содержания ценного компонента в минеральном сырье по данным контрольных анализов  
1 — контур залежи по основным анализам; 2 — контур залежи по контрольным анализам

Рассмотренный прием обработки результатов внутренних и внешних контрольных анализов широко применяется в практике геологоразведочных работ. В литературе описаны и другие, более сложные приемы обработки результатов контрольных анализов [Барышев, 1948; Крениг, 1949 и др.].

Наиболее известным является способ, предложенный Н. В. Барышевым [1948]. Этот способ основан на обработке рядов основных и контрольных анализов проб методами вариационной статистики.

Обработка основных и контрольных анализов согласно этому методу должна производиться по схеме, приведенной в табл. 12. В приведенном примере при  $t = 9,23$  вероятность наличия систематической ошибки равна более 0,9999, т. е. практически основная лаборатория допускает систематическую ошибку в своей работе. Чем больше величина  $t$ , тем определеннее можно сделать вывод о наличии систематической ошибки в определении ценного компонента. Эту ошибку можно считать несущественной только в том случае, если  $t$  менее 2. В случае, когда  $t$  более 2, все основные анализы, по мнению Н. В. Барышева, должны быть переделаны или в данные о содержании ценного компонента следует ввести поправочный коэффициент, равный в нашем примере 1,21 ( $f$ ), что соответствует ( $K_a$ ), рассмотренному выше. Величина  $f$  определяет относительное среднее значение систематической ошибки, т. е. во сколько раз

Форматы и размеры стандартных акселерометров на аэродромном материальном пункте

№ п/п	Самолетные пробы				Дополнительные пробы				Примечание, отклонения от нормы
	№ пробы	Среднее значение отклонения от нормы $(x - M_x) \cdot \sigma_x$	Дисперсия отклонения $(x - M_x)^2 \cdot \sigma_x^2$	№ пробы	Среднее значение отклонения от нормы $(y - M_y) \cdot \sigma_y$	Дисперсия отклонения от нормы $(y - M_y)^2 \cdot \sigma_y^2$	Среднее значение отклонения от нормы $(z - M_z) \cdot \sigma_z$	Дисперсия отклонения от нормы $(z - M_z)^2 \cdot \sigma_z^2$	
1	775	5,1	- 1,9	3,61	731	4,5	- 1,3	1,69	+ 2,47
2	776	1,9	- 5,1	25,01	732	0,8	- 5,0	25,00	+ 25,50
3	777	3,4	- 3,6	12,96	733	2,0	- 3,8	14,44	+ 13,68
4	778	4,1	- 2,9	8,41	734	3,0	- 2,2	4,84	+ 6,38
5	779	1,4	- 5,6	31,36	735	0,2	- 5,6	31,36	+ 31,36
6	780	5,6	- 1,4	1,96	736	4,5	- 1,3	1,69	+ 1,82
7	781	2,6	- 4,4	19,36	737	1,6	- 4,2	17,64	+ 18,48
8	782	3,1	- 3,9	15,21	738	2,2	- 3,6	12,96	+ 14,04
9	783	3,0	- 4,0	16,00	739	1,8	- 4,0	16,00	+ 16,00
10	784	4,2	- 2,8	7,84	740	2,4	- 3,4	11,56	+ 9,52
11	785	8,5	+ 1,5	2,25	741	7,6	+ 1,8	3,24	+ 2,70
12	786	2,9	- 4,1	16,81	742	1,9	- 3,9	15,21	+ 15,99
13	787	4,8	- 2,2	4,84	743	3,2	- 2,6	6,76	+ 5,72
14	788	4,3	- 2,7	7,29	744	2,6	- 3,2	10,24	+ 8,64
15	789	3,1	- 3,9	15,21	745	2,1	- 3,7	13,69	+ 14,43
16	790	10,2	+ 3,2	10,24	746	9,0	+ 3,2	10,24	+ 10,24
17	791	6,5	- 0,5	0,25	747	3,8	- 2,0	4,00	+ 1,00
18	792	5,9	+ 1,1	1,21	748	4,7	- 1,1	1,21	+ 1,21
19	793	20,7	+13,7	187,69	749	18,7	+12,9	166,41	+176,73
20	794	7,3	+ 0,3	0,09	750	5,5	- 0,3	0,09	- 0,09
21	795	9,5	+ 2,5	6,25	751	8,8	+ 3,0	9,00	+ 7,50
22	796	15,0	+ 8,0	64,00	752	13,8	+ 8,0	64,00	+ 64,00
23	797	13,9	+ 6,9	47,61	753	12,7	+ 6,9	47,61	+ 47,61
24	798	9,6	+ 2,6	6,76	754	7,9	+ 2,1	4,41	+ 5,46
25	799	10,5	+ 3,5	12,25	755	9,1	+ 3,3	10,89	+ 11,55
26	800	6,8	- 0,2	0,04	756	4,1	- 1,7	2,89	+ 0,34
27	801	6,8	- 0,2	0,04	757	4,7	- 1,1	1,21	+ 0,22
28	802	6,7	- 0,3	0,09	758	5,1	- 0,7	0,49	+ 0,21
29	803	8,3	+ 1,3	1,69	759	5,0	- 0,8	0,64	- 1,04
30	804	27,2	+20,2	408,04	760	24,4	+18,6	345,96	+375,72
31	805	19,5	+12,5	156,25	761	16,5	+10,7	114,49	+133,75
32	806	8,4	+ 1,4	1,96	762	6,6	+ 0,8	0,64	+ 1,12
33	807	4,0	- 3,0	9,00	763	3,9	- 1,9	3,61	+ 5,70
34	808	22,4	+15,4	237,16	764	20,5	+14,7	216,09	+226,38
35	809	5,7	- 1,3	1,69	765	7,7	+ 1,9	3,61	- 2,47
36	810	3,9	- 3,1	9,61	766	2,8	- 3,0	9,00	+ 9,30
37	811	4,2	- 2,8	7,84	767	3,6	- 2,2	4,84	+ 6,16
38	812	2,7	- 4,3	18,49	768	2,0	- 3,8	14,44	+ 16,34
39	813	1,8	- 5,2	27,04	769	1,4	- 4,4	19,36	+ 22,88
40	814	1,6	- 5,4	29,16	770	0,9	- 4,9	24,01	+ 26,46
41	815	0,9	- 6,1	37,21	771	0,8	- 5,0	25,00	+ 30,50
42	816	3,8	- 3,2	10,24	772	3,7	- 2,1	4,41	+ 6,72
43	817	3,8	- 3,2	10,24	773	3,0	- 2,8	7,84	+ 8,96
44	818	4,7	- 2,3	5,29	774	3,6	- 2,2	4,84	+ 5,06

$$M_x = \frac{\Sigma c_x}{n_x}; \quad (36)$$

$$M_y = \frac{\Sigma c_y}{n_y}; \quad (37)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma a_x^2}{n_x}}; \quad (38)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\Sigma a_y^2}{n_y}}; \quad (39)$$

$$m_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n_x}}; \quad (40)$$

$$m_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{n_y}}; \quad (41)$$

$$r = \frac{\Sigma a_x \Sigma a_y}{\sqrt{\Sigma a_x^2 \Sigma a_y^2}}; \quad (42)$$

$$m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}; \quad (43)$$

$$M_y - M_x = b; \quad (44)$$

$$t = \frac{|M_y - M_x|}{\sqrt{m_x^2 + m_y^2 + 2m_x m_y r}}; \quad (45)$$

$$f = \frac{M_x}{M_y}; \quad (46)$$

$$a_f = \pm \frac{t_1}{M_y} \sqrt{m_x^2 - 2r m_x m_y \frac{M_x}{M_y} + m_y^2 \left(\frac{M_x}{M_y}\right)^2}; \quad (47)$$

При этом используются общепринятые обозначения для основных параметров контрольных (x) и контролируемых (y) проб:

$n$  — количество проб;

$c$  — содержание золота;

$M$  — среднее содержание;

$a$  — отклонение от среднего содержания;

$\sigma$  — среднее квадратичное отклонение;

$m$  — средняя квадратичная ошибка среднего  $M$ ;

$r$  — коэффициент корреляции содержания определяемого компонента;

$t$  — коэффициент вероятности;

$t_1$  — коэффициент вероятности, который принят при определении  $a_f$ , равным 2;

$f$  — среднее значение систематической ошибки;

$a_f$  — степень точности определения коэффициента.

Для приведенного в таблице примера

$$n_x = 44; \quad \Sigma c_x = 310,3; \quad \Sigma a_x = +2,3; \quad \Sigma a_x^2 = 1496,55;$$

$$n_y = 44; \quad \Sigma c_y = 255,3; \quad \Sigma a_y = +0,1; \quad \Sigma a_y^2 = 1307,55;$$

$$\Sigma a_x a_y = +1384,25;$$

$$M_x = \frac{310,3}{44} = 7,0; \quad M_y = \frac{255,3}{44} = 5,8;$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1496,55}{44}} = 5,83; \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{1307,55}{44}} = 5,45;$$

$$m_x = \frac{5,83}{\sqrt{44}} = 0,88; \quad m_y = \frac{5,45}{\sqrt{44}} = 0,82;$$

$$r = \frac{+1384,25}{\sqrt{1496,55 \cdot 1307,55}} = \frac{+1384,25}{1398,66} = +0,99;$$

$$m_r = \frac{1-0,9801}{\sqrt{44}} = 0,003;$$

$$M_y - M_x = \delta = 5,8 - 7,0 = -1,2;$$

$$t = \frac{1,2}{\sqrt{0,7744 + 0,6724 + 2 \cdot 0,88 \cdot 0,82 \cdot 0,99}} = \frac{1,2}{0,13} = 9,23;$$

$$f = \frac{7,0}{5,8} = 1,21;$$

$$\begin{aligned} \alpha_f &= \pm \frac{2}{5,8} \cdot \sqrt{0,7744 - 2 \cdot 0,99 \cdot 0,88 \cdot 0,82 \cdot 1,21 + 0,6724 \cdot 1,4641} = \\ &= \pm 0,345 \cdot \sqrt{0,0301} = \pm 0,0597. \end{aligned}$$

основная лаборатория преувеличивает или преуменьшает содержания ценного компонента в минеральном сырье. Если  $f$  больше 1, то содержание преуменьшено, если  $f$  меньше 1, то содержание преувеличено. В приведенном примере содержание золота основной лабораторией преуменьшается в 1,21 раза.

Величина  $\alpha_f$  показывает степень точности определения коэффициента систематической ошибки  $f$ . В нашем примере точность его равна  $\pm 0,0597$  — основная лаборатория преуменьшает содержание золота в пробах в среднем в  $1,21 \pm 0,0597$  раз.

Наиболее важными коэффициентами являются  $t$  и  $f$ . Первый из них вскрывает наличие систематической ошибки, второй — ее величину. Коэффициент  $\alpha_f$  для практических целей неважен.

В приведенном примере дано сопоставление основных и контрольных анализов без распределения их по классам содержаний компонентов. Так как для различных классов проб точность анализов может быть резко различной, наиболее правильным является разбивка всех проб на классы по содержанию в них определенных компонентов. Практически при использовании этого способа обработки внешних контрольных анализов конечные результаты сводят в табл. 13, в которой приведен пример обработки контрольных анализов по одному из полиметаллических месторождений Алтая. Коэффициент  $t$  более двух оказался равным для проб классов 0,5—6,0% для свинца, 0,5—10% для цинка и 0,05—0,5% для меди; следовательно, в этих случаях наблюдаются систематические ошибки в анализах. По другим же классам проб  $t$  менее двух; систематическая ошибка отсутствует.

Таблица 13

Сводные результаты обработки внешних контрольных анализов

Компонент	Содержание компонента в классе, %	Количество анализов		Среднее содержание		Среднее квадратичное отклонение		Средняя квадратичная ошибка		Коэффициент корреляции ( $r$ )	Коэффициент вероятности ( $t$ )	Среднее значение математической ошибки ( $\delta$ )	Степень точности определения коэффициента ( $\alpha_f$ )
		контрольных	контролируемых	по контрольным анализам	по контрольным внешним анализам	по контрольным анализам ( $\sigma_x$ )	по контролируемым анализам ( $\sigma_y$ )	контрольных анализов ( $m_x$ )	контролируемых анализов ( $m_y$ )				
Медь	0,05—0,5	19	19	0,32	0,25	0,19	0,13	0,04	0,03	0,7	2,32	1,26	$\pm 0,04$
	0,5—3,0	40	40	0,92	0,86	0,38	0,38	0,06	0,06	0,7	0,39	1,07	$\pm 0,07$
Свинец	0,5—6,0	35	35	3,44	2,92	1,51	1,27	0,25	0,21	0,69	2,81	1,18	$\pm 0,13$
	6—15	21	21	8,81	8,42	10,95	4,02	2,39	0,88	0,51	0,19	1,05	$\pm 0,05$
Цинк	0,5—10	40	40	6,08	5,29	3,59	2,78	0,57	0,44	0,82	2,41	1,14	$\pm 0,12$
	10—25	17	17	17,41	15,33	6,88	4,34	1,66	1,05	0,61	1,59	1,14	$\pm 0,14$

## Эталонные пробы

Кроме приведенных выше способов контроля химических анализов путем производства внутренних и внешних контрольных анализов, в практике встречаются случаи контроля анализов с помощью эталонных проб. Контроль работы химической лаборатории с помощью эталонов является наиболее точным, наименее трудоемким и в то же время дает возможность быстро реагировать на плохую работу химической лаборатории и принимать меры к ее улучшению.

Неудобство этого способа заключается в необходимости изготовления эталонов — проб, которые по своему минералогическому и химическому составу должны быть аналогичны контролируемым пробам. Такие эталоны заранее изготавливаются и анализируются в высококвалифицированной лаборатории и содержание в них того или иного компонента считается истинным.

В каждую партию проб, направляемую в химическую лабораторию, включаются эталонные пробы. Сопоставление результатов анализов эталонных проб с заранее известным в них содержанием компонента дает возможность сделать заключение о надежности анализов всей партии проб. В случае обнаружения серьезных ошибок вся партия проб анализируется заново.

### Определение средних содержаний компонентов в выработках и на разрезах

Для подсчета запасов месторождений или отдельных их частей по данным анализов отдельных проб приходится определять среднее содержание полезного компонента в выработках, разрезах или разведочных сечениях. Определение производится на основании анализов ряда проб способом средним арифметическим или средним взвешенным.

*Средний арифметический способ* является наиболее простым и наименее трудоемким. Согласно этому способу среднее содержание определяется по формуле

$$C = \frac{\sum c}{n}, \quad (48)$$

где  $C$  — среднее содержание полезного компонента;

$c$  — содержания полезного компонента по данным отдельных проб;

$n$  — количество проб, входящих в определение среднего содержания полезного компонента.

*Среднее взвешенное содержание* определяется более сложно. Взвешивание можно производить на опробованную мощность тела полезного ископаемого ( $m$ ), на длину влияния отдельных проб ( $l$ ), на объемный вес полезного ископаемого ( $d$ ), на площадь влияния отдельных проб ( $S$ ) и на комбинированные значения этих величин между собой.

При взвешивании на мощность тела полезного ископаемого ( $m$ ) пользуются формулой

$$C = \frac{\sum cm}{\sum m}, \quad (49)$$

при взвешивании на длину влияния отдельных проб ( $l$ ) применяют формулу

$$C = \frac{\sum cl}{\sum l}, \quad (50)$$

при взвешивании на мощность и на длину влияния проб используют формулу

$$C = \frac{\sum cml}{\sum ml}, \quad (51)$$

при взвешивании на площадь влияния отдельных проб ( $S$ ) применяют формулу

$$C = \frac{\sum cS}{\sum S}, \quad (52)$$

при взвешивании на мощность, длину влияния и объемный вес полезного ископаемого ( $d$ ) используют формулу

$$C = \frac{\sum cml d}{\sum ml d}. \quad (53)$$

Определение среднего содержания компонента по забою при секционном опробовании (см. рис. 1) производится уравниванием частных содержаний на мощность отдельных секций (длины проб) по формуле (49).

Аналогичная формула для вычисления среднего содержания компонента используется при пересечении мощности тела полезного ископаемого скважинами, квершлагами или ортами, как показано на рис. 53.

Следовательно, во всех случаях секционного опробования для определения среднего содержания по сечению рекомендуется применять формулу (49) — взвешивание частных содержаний на опробованную мощность.

В тех случаях, когда в пределах одного и того же типа руд отбираются пробы различной длины, при вычислении среднего содержания по сечению также следует применять формулу (49) и взвешивание частных содержаний на длину проб.

Определение среднего содержания компонента по штрекам, пройденным по простиранию тела полезного ископаемого при различных интервалах между пробами и при незначительной изменчивости мощности рудного тела, как показано на рис. 54, иногда производится по формуле (50), т. е. путем взвешивания частных содержаний отдельных проб на длину их влияния ( $l$ ). Последняя определяется как полусумма расстояний до ближайших проб. В приведенном на рис. 54 примере

$$l_2 = \frac{l'_2 + l'_3}{2}. \quad (54)$$

При условии сильной изменчивости мощности рудного тела и при неравномерном распределении проб (рис. 55) среднее содержание компонента некоторые геологи определяют по формуле (51), т. е. путем взвешивания частных содержаний отдельных проб на опробованную мощность тела полезного ископаемого и на длину влияния каждой пробы.

Во многих случаях вычисления средних значений содержаний ценных компонентов путем их взвешивания, сильно усложняющего расчетные операции, можно избежать. Для этого, прежде всего, в процессе разведки и опробования месторождения необходимо соблюдать равные интервалы между пробами. При этом длины влияний будут одинаковыми, взвешивание на них производить не придется и расчетные операции значительно сократятся.

При относительно равномерном распределении компонента во многих случаях можно избежать взвешивания и на мощность, так как простое среднее арифметическое, полученное по формуле (48), дает достаточно точные результаты. Однако возможность отказа от взвешивания в таких случаях следует проверить и подтвердить сравнительными расчетами по нескольким блокам или участкам.

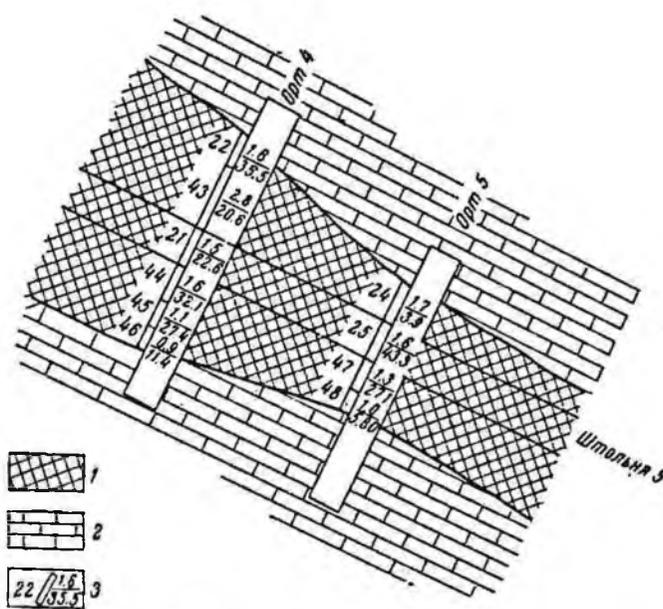


Рис. 53. Схема секционного опробования тела полезного ископаемого в ортах

1 — сульфидная руда; 2 — вмещающие известняки; 3 — места отбора проб — слева указан № пробы, справа: в числителе — мощность тела полезного ископаемого, в знаменателе — содержание полезного компонента в %

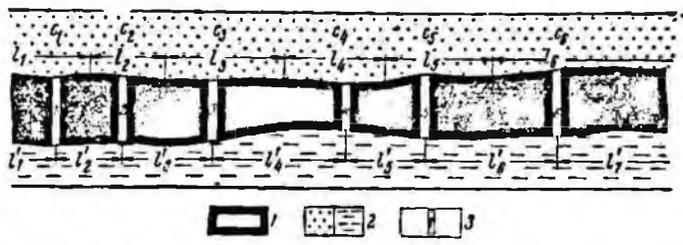


Рис. 54. Схема опробования шторка при неравномерном расположении проб и равномерной мощности тела полезного ископаемого

1 — тело полезного ископаемого; 2 — вмещающие породы; 3 — места отбора проб

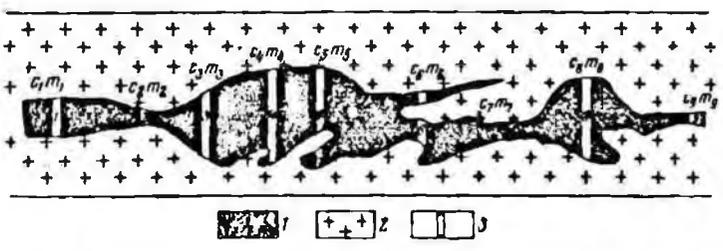


Рис. 55. Схема опробования шторка при неравномерном расположении проб и неравномерной мощности тела полезного ископаемого

1 — тело полезного ископаемого; 2 — вмещающие породы; 3 — места отбора проб; буквами *m* и *c* отмечены соответственно мощность тела и содержание полезного компонента в данной пробе

Для рудных месторождений с неравномерным распределением полезных компонентов Н. В. Володомонов [1944] доказал, что при определении средних содержаний уравнивание по длинам влияния проб производить нельзя, так как оно не компенсирует неравномерности оруденения. При отсутствии зависимости между мощностью рудного тела и содержанием металла нельзя производить и уравнивание по мощности, так как в этом случае средние содержания не уточняются, а даже искажаются. Уравнивание по мощности, по мнению Н. В. Володомонова, следует производить лишь при наличии прямой или обратной зависимости между мощностью рудного тела и содержанием металла в нем и в тех случаях, когда коэффициент корреляции  $r > [0,5]$ .

В ряде случаев среднее содержание между выработками или пробами вычисляется взвешиванием частных содержаний на прилегающую площадь влияния ( $S$ ), заштрихованную на рис. 44, с применением формулы (52). Такое взвешивание не всегда правильно, так как при отсутствии зависимости содержания компонентов от площади сечения тела полезного ископаемого оно способно не уточнить, а исказить результаты подсчета.

Формула (53) для определения среднего содержания с учетом объемного веса используется в тех случаях, когда с изменением содержания полезного компонента резко изменяется объемный вес минерального сырья (например, для некоторых никель-кобальтовых, железных руд и др.). Но и в тех случаях, когда объемный вес резко изменяется не от содержания полезного компонента, а от содержания какого-либо другого составляющего вещества (например, барита в баритово-свинцовой руде), при выводе средних содержаний применяют взвешивание на объемный вес.

В литературе описаны другие формулы для определения средних содержаний компонентов в минеральном сырье. Так, можно указать на работу Л. И. Панкуля и А. С. Золотарева [1955], предложивших ряд формул для определения средних содержаний компонентов в зависимости от расположения точек опробования на разрезе. Однако большинство этих формул в практике подсчета запасов применения не нашло.

Таким образом, при секционном опробовании забоев или выработок, а также при наличии прямой или обратной зависимости между мощностью тела полезного ископаемого и содержанием в нем ценных компонентов, вычисление среднего содержания компонента необходимо производить по формуле уравнивания частных значений содержания на мощность тела.

Для полезных ископаемых с резкой изменчивостью объемных весов следует применять формулу вывода средних содержаний с уравниванием частных содержаний на объемный вес данного типа минерального сырья.

Во всех остальных случаях возможно определять среднее содержание полезных компонентов методом среднего арифметического. При этом желательно проверить правильность вывода среднего содержания по этому способу сопоставлением с выводами при уравнивании на мощность или другие величины на типичном участке месторождения.

Примеры таких сравнительных расчетов приведены в работе В. И. Смирнова [1950] и во всех случаях показывают очень близкие результаты.

Необходимо подчеркнуть, что во всех случаях сопоставления средних содержаний компонентов нам неизвестно, которая из этих величин более отражает истину. Однако ввиду их практической близости между собой следует, что в подавляющем большинстве случаев целесообразно определять среднее содержание компонентов простейшим, а именно, среднеарифметическим способом.

## Определение средних содержаний компонентов в блоках тел полезных ископаемых

Определение среднего содержания компонента в блоке между двумя сечениями, например между двумя этажами горных работ (рис. 56), чаще всего производится путем уравнивания частных содержаний на площадь тела полезного ископаемого в каждом сечении по формуле

$$C = \frac{\sum c \cdot S}{\sum S}. \quad (55)$$

Определение среднего содержания компонента для серии блоков, по которым подсчитаны запасы, производится путем уравнивания частных содержаний на запасы (по весу или по объему) каждого блока по формуле

$$C = \frac{\sum cQ}{\sum Q}, \quad (56)$$

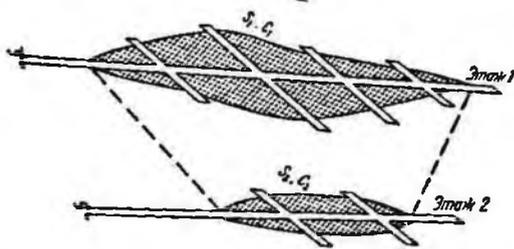


Рис. 56. Схема определения средних содержаний компонентов для блоков тел полезных ископаемых между двумя этажами горных выработок

или путем деления суммы запасов компонента по блокам на сумму запасов минерального сырья, т. е. (в абсолютных величинах)

$$C = \frac{\sum p}{\sum q} = \frac{P}{Q}, \quad (57)$$

или (в %)

$$C = \frac{P}{Q} \cdot 100. \quad (58)$$

Нередко при определении средних содержаний по блоку возникают вопросы о необходимости взвешивания на длины отдельных сторон блоков, на число участвующих в подсчете проб и пр. Эти вопросы освещаются ниже при рассмотрении отдельных методов подсчета запасов, так как необходимость взвешивания на отдельные величины в этих случаях зависит от приемов оконтуривания отдельных блоков и выбранного метода подсчета запасов.

### Определение средних содержаний компонентов по данным буровых работ

Средние содержания по данным бурения могут быть определены по керну, шламу и мути.

По данным ручного и канатного, а также колонкового бурения при высоком проценте выхода керна (обычно выше 60—70%) на основании анализов только керна, без учета шлама и мути, среднее содержание определяется путем уравнивания частных содержаний ( $c$ ) по подъемам на длину подъема или интервал бурения ( $h$ ) по формуле

$$C = \frac{c_1 h_1 + c_2 h_2 + \dots + c_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} = \frac{\sum ch}{\sum h}. \quad (59)$$

В этом случае для колонкового бурения даже при высоком проценте выхода керна рекомендуется проводить контрольные анализы шлама и мути с целью проверки возможности избирательного истирания керна и обеднения или обогащения его полезным компонентом.

В случае низкого (ниже 60—70%) выхода керна при колонковом бурении среднее содержание по отдельным подъемам определяют с учетом шлама и мути путем уравнивания содержаний по керну ( $c_k$ ),

по шламу и мути ( $c_m$ ) на объем поднятого керна ( $V_k$ ) и теоретический объем истертого при бурении материала ( $V_m$ ), частично извлекаемого в виде шлама и мути. При этом в случае дробового бурения шлам обязательно очищают от осколков дробы простым магнитом, смешивают с мутью и от смешанного материала отбирают пробу. При определении среднего содержания компонента ( $C$ ) используют формулу

$$C = \frac{c_k V_k + c_m V_m}{V}, \quad (60)$$

где  $V$  — объем скважины на пробуренном интервале.

Объемы  $V$ ,  $V_k$  и  $V_m$  определяют по следующим формулам:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h; \quad (61)$$

$$V_k = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h \cdot \frac{n}{100}, \quad (62)$$

$$V_m = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot h + \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{100 - n}{100}, \quad (63)$$

где  $D$  — диаметр скважины;

$d$  — диаметр керна;

$h$  — длина подъема (опробованного участка);

$n$  — линейный выход керна, %.

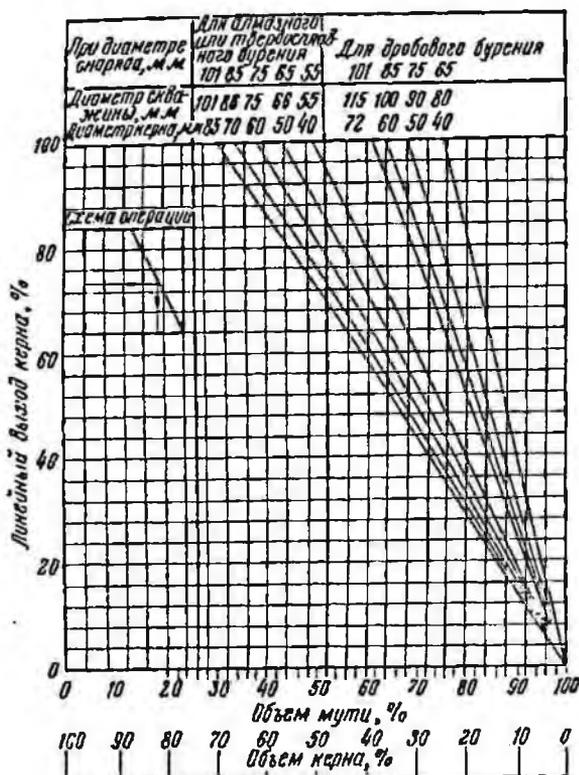


Рис. 57. Диаграмма для определения выхода керна и мути (по К. Л. Пожарицкому)

( $C$ ) можно пользоваться графиком, сильно облегчающим вычислительные операции. На этом графике (рис. 57) нанесен пучок прямых линий, идущих под углами, тангенсы которых равны  $\frac{d^2}{D^2}$ . В верхней части, у концов этих линий, нанесены диаметры, соответствующие стандартным размерам

Вместо абсолютных величин объемов поднятого керна и истертого материала можно пользоваться их относительными величинами, принимая полный объем скважины на пробуренном интервале за 100. В этом случае в формуле вычисления среднего содержания компонента по данным колонкового бурения объем поднятого керна ( $V_k$ ) и объем истертого материала ( $V_m$ ) определяются в процентах по отношению к общему объему скважины ( $V$ ) на пробуренном интервале.

Так как в этом случае  $V_k$  и  $V_m$  в сумме равняются 100, знаменатель в формуле вычисления среднего содержания компонента по данным колонкового бурения  $V$  будет также равен 100. Тогда при определении среднего содержания компонента

скважин алмазного (или твердосплавного) и дробового бурения. На левой стороне указан линейный выход зерна (в %). Для определения по этому графика объема поднятого зерна ( $V_k$ ) и объема истертого материала ( $V_{ш}$ ) в % к общему объему ( $V$ ) поступают следующим образом:

1) от точки, указывающей линейный выход зерна, двигаются по горизонтали вправо до пересечения с наклонной линией, соответствующей диаметру бурения;

2) от точки пересечения двигаются по вертикали вниз и здесь на шкале читают объем поднятого зерна ( $V_k$ ) и истертого материала ( $V_{ш}$ ) в % к общему объему ( $V$ ).

Применяющийся иногда прием вычисления среднего содержания путем уравнивания частных содержаний в зерне и шламе по их весам нельзя признать правильным. Так как шлак и мусть никогда полностью не улавливаются, среднее содержание, вычисленное таким образом, при значительной разнице в содержании компонентов для зерна и шлама будет неправильным.

### Определение средних содержаний по данным опробования россыпей

Особо следует рассмотреть определение содержания компонентов по данным опробования шурфов и скважин при разведке россыпей.

При опробовании шурфов обмер промываемой породы производится эндовками, емкость которых определяют путем взвешивания породы, а расчет ведут на неразрыхленную массу. В этом случае содержание компонента на опробованном интервале будет равно

$$c = \frac{q}{V \cdot n}, \quad (64)$$

где  $c$  — содержание компонента в граммах на кубометр породы;

$q$  — вес ценного компонента, полученного при промывке, г;

$V$  — объем одной эндовки,  $m^3$ ;

$n$  — количество промытых эндовок.

Подсчет среднего содержания по шурфу производится путем уравнивания частных содержаний по опробованным интервалам на их мощность.

Вычисление средних содержаний в россыпях по скважинам производится так же, как и по шурфам путем отнесения веса ценного компонента к объему выбуренной и извлеченной из скважины породы. Существует несколько способов определения объема выбуренной породы, подробно описанных К. Л. Пожарицким [1947]. Наиболее распространенными из них являются:

1. Метод теоретического объема, основанный на предположении, что вся порода при проходке скважины поступает внутрь обсадных труб. В этом случае объем подсчитывается по внешнему, внутреннему или среднему между ними диаметру бурового снаряда и по величине углубки скважины. Так как фактический объем выбуриваемой породы обычно отличается от вычисленного объема, притом иногда значительно, метод теоретического объема является недостаточно точным.

2. Метод подсчета объема породы по высоте столбика в трубах. При разведке буром Эмпайр объем определяется по внутреннему диаметру труб и по разнице в высоте столбика выбуриваемой породы в трубах до желонения и после него.

Определение объема по указанному методу не учитывает разрыхления породы при бурении и неполного извлечения ее при желонении. Поэтому вычисленное содержание ценного компонента бывает обычно несколько заниженным.

3. Метод фактического веса, основанный на определении количества извлеченной из скважины породы путем взвешивания. Объем в этом случае определяется по весу 1 м<sup>3</sup> неразрыхленной породы. В связи с трудностями достаточно точного определения объемного веса и изменчивости его для разных интервалов скважины этот способ не находит распространения в практике разведки россыпей.

4. Метод фактического объема, основанный на определении объема породы, извлеченной из скважины при бурении. Наиболее распространенным способом является измерение объема породы в мерном цилиндре. Порода разгружается из желонки в этот цилиндр и уплотняется в нем специальным штоком. К. Л. Пожарицкий считает, что этот метод значительно точнее указанных выше.

#### Учет проб, резко выделяющихся необычайно высоким содержанием полезного компонента

В некоторых случаях при вычислении средних содержаний встречаются пробы, выделяющиеся своим исключительно высоким содержанием, резко превышающим содержания в остальных пробах. Чаще всего такие пробы встречаются в месторождениях с неравномерным и крайне неравномерным распределением ценного компонента. Учет таких проб на равных началах с остальными пробами приводит к резкому завышению среднего содержания, которое тем выше, чем резче разница между рядовыми пробами и пробой с исключительно высоким содержанием, а также чем меньше проб участвует в выводе среднего. Например, возьмем ряд проб со следующими содержаниями полезного компонента (в %): 3, 5, 7, 50, 5, 4, 18, 35, 14, 4; среднее арифметическое содержание из этих 10 проб будет

$$C_{cp} = \frac{\Sigma c}{n} = \frac{145,0}{10} = 14,5\%$$

Если вычислить среднее содержание без учета пробы с содержанием 50%, то  $C_{cp}$  будет равно 9,5%, т. е. на 5% (абсолютных) меньше, что составляет  $5 \cdot 100 : 9,5 = 52,6\%$  относительных.

Особенно резко это сказывается на месторождениях золота. Например (по П. Л. Каллистову) для ряда проб с содержаниями (г/т): 11,7, 2,1; 34,5; 35,4; 3,8; сл.; 3,1;  $\boxed{191,7}$ ; 16,0; 12,4; 12,5; 8,5; 17,6; 2,2;  $\boxed{180,2}$ ; 6,4; 3,8; 29,6; 6,5; 5,5; 5,6, —

$$C_{cp} = \frac{589,1}{21} = 28,1 \text{ г/т.}$$

Если исключить две пробы с высокими содержаниями. (заключенные в контур), то

$$C_{cp} = \frac{217,2}{19} = 11,4 \text{ г/т,}$$

т. е. более чем вдвое ниже.

Твердо установленных понятий о том, какие пробы следует считать выдающимися и как наиболее правильно их учитывать при подсчете запасов, нет. Поэтому для определения величины таких «ураганных» проб и учета их используют несколько способов.

В настоящее время можно указать на следующие способы определения величины выдающихся проб:

1. В. И. Смирновым в 1950 г. предложен эмпирический способ выделения выдающихся проб, основанный на том, что самый уровень исключительно высоких проб будет для разных групп месторождений не одинаков и будет зависеть от характера распределения металла в их рудах.

С учетом этого обстоятельства В. И. Смирновым предложено для выделения выдающихся проб пользоваться табл. 14.

Таблица 14

Определение выдающихся проб

Группа месторождений	Характер распределения компонента	Коэффициент вариации компонента	Типичные месторождения	Во сколько раз содержание должно быть выше среднего, чтобы его считать выдающимся
I	Весьма равномерный	до 20	Большинство осадочных месторождений	2—3
II	Равномерный	20—40	Сложные осадочные и метаморфические месторождения	4—5
III	Неравномерный	40—100	Преобладающее большинство месторождений цветных металлов	8—10
IV	Весьма и крайне неравномерный	> 100	Преимущественно месторождения редких металлов и золота	> 10

2. В некоторых геологоразведочных организациях установление выдающихся проб производится следующим образом. Все пробы, данные которых входят в подсчет запасов, располагают в порядке нарастания содержания в них ценного компонента. При этом обычно устанавливается, что с незначительным количеством последних в этом ряду самых богатых проб связана значительная доля запасов ценного компонента. Известны случаи, когда по отдельным жилам пробы с выдающимися содержаниями, составляющими 4—6% от их общего количества, представляют до 50% запасов металла. Поэтому условно принимается, что эти 5% проб относятся к выдающимся.

Близок к этому приему также способ Г. И. Вилисова [1940], который для выделения выдающихся проб предлагает строить кривую распределения частот проб и отсекал на ней значение нормальных проб в точке минимальной частоты. Все пробы, расположенные в стороне от этой точки и превышающие содержание ценного компонента в ней, предлагаются считать завышенными.

3. Н. В. Володомонов [1939] рекомендует определять предел нормальных проб по формуле

$$H = c + \frac{c(n-1)A}{100}, \quad (65)$$

где  $H$  — предельное верхнее содержание ценного компонента в нормальных пробах;

$c$  — среднее содержание ценного компонента по всем пробам;

$n$  — количество проб;

$A$  — коэффициент, учитывающий влияние выдающихся проб на среднее содержание ценного компонента и принимаемый для разных условий равным 10, 15 и 20%.

Выделение выдающихся проб по Н. В. Володомонову в сильнейшей степени зависит от количества проб, входящих в подсчет запасов.

4. В. И. Кузьмин, как об этом сообщает П. А. Рыжов [1952], предлагает определять границу между нормальными и выдающимися пробами по формуле

$$H = c(1 + 0,01kV_c + m_c), \quad (66)$$

где  $H$  — предельное верхнее содержание ценного компонента в нормальных пробах;

- $c$  — среднее содержание ценного компонента по всем пробам;
- $k$  — коэффициент, учитывающий характер распределения проб по их содержанию, колеблющийся от 3 до 6;
- $V_c$  — коэффициент вариации содержания ценного компонента в минеральном сырье по данным проб, входящим в подсчет запасов;
- $m_c$  — погрешность определения среднего содержания, вычисляемая по формуле

$$m_c = \frac{t\sigma_c}{\sqrt{n}}, \quad (67)$$

- где  $t$  — коэффициент вероятности, изменяющийся в зависимости от требований к точности подсчета запасов от 1,2 до 3;
- $\sigma_c$  — среднее квадратичное отклонение значений содержаний ценного компонента по пробам, входящим в подсчет запасов;
- $n$  — количество проб, входящих в подсчет.

5. П. Л. Каллистов [1952], рассматривая вопрос о высоких пробах и самородках при подсчете запасов золотых месторождений, считает верхним пределом нормальной пробы в ряду проб, по которым вычисляется среднее содержание золота, такое, при котором сумма так называемых «математических ожиданий», определяемых методами теории вероятности, равна единице. Исходя из этой предпосылки и учитывая, что величина верхнего предела нормальных проб зависит от общего числа проб, от среднего содержания металла в этих пробах и от степени неравномерности распределения металла в руде, П. Л. Каллистов предлагает математическое решение задачи о выдающихся пробах, основанное на законе нормального распределения логарифмов содержания их по любому ряду проб золотых руд. Этот точный, но трудоемкий метод выявления высоких проб автор для решения практических задач по подсчету запасов рекомендует заменить простым способом определения такого ряда проб. Практический метод сводится к просмотру списка проб по опробованным блокам и отметке в нем проб с наиболее высоким содержанием металла. После этого к числу выдающихся проб относится такая, которая содержит металла более чем в два раза по сравнению с ближайшей к ней по величине, но не по местоположению, пробой. Если самая богатая проба обладает содержанием, не превышающим двойное содержание ближайшей к ней по величине пробы, то считается, что в данном ряду выдающиеся пробы отсутствуют. Две пробы могут являться высокими, если они сильно отличаются по содержанию металла от ближайшей к ним третьей пробы.

Метод выделения выдающихся проб П. Л. Каллистова для золотых руд вполне обоснован и в последнее время широко применяется в практике подсчета запасов.

Для нейтрализации ненормального влияния выдающихся проб при подсчете запасов применяется ряд способов, которые могут быть разбиты на три группы: эмпирическую, аналитическую и геологическую.

*Эмпирические способы учета выдающихся проб* достаточно разнообразны. Среди них наиболее часто встречаются следующие:

1. Вычисление среднего содержания ценного компонента без учета выдающихся проб при их полном исключении. Этот способ приводит

в подавляющем большинстве случаев к занижению содержаний и запасов ценных компонентов.

2. Замена выдающихся проб максимально высоким содержанием, принятым для данного месторождения на основании опыта разведки или эксплуатации его (что делается чаще). Несовершенство этого способа видно уже из того, что максимальное значение пробы принимается условно, без достаточных обоснований.

3. Замена выдающихся проб средним содержанием по выработке или блоку, вычисленным без учета выдающихся проб. По существу этот способ приближается к первому двум, не учитывает выдающиеся пробы и занижает среднее содержание.

4. Замена выдающихся проб средним содержанием по выработке или блоку, вычисленным без учета как выдающихся проб, так и проб с очень низким содержанием. В данном случае не устанавливается, что считать низким содержанием, и это приводит к субъективному решению вопроса.

5. Замена выдающихся проб средним содержанием, вычисленным по двум соседним пробам, примыкающим к выдающимся.

Этот способ во многих случаях приводит к неправильному учету проб. Возьмем ряд проб с содержаниями золота в г/т: 15; 8; 3;  $\overline{87}$ ; 1; 2; 6; 9; 18; 8. Среднее арифметическое содержание  $C_{cp} = 15,7$  г/т. Без учета пробы с содержанием 87 г/т  $C = \frac{70}{9} = 8$  г/т, т. е. почти вдвое меньше. Если же пробу 87 г/т заменить средним из двух соседних, т. е.  $\frac{3+1}{2} = 2$  г/т, то  $C_{cp} \cong 8$  г/т, т. е. близко к среднему вычисленному без учета этой пробы. С другой стороны получается, что пробу с содержанием золота 87 г/т заменяют содержанием 2 г/т, значительно меньшим, чем среднее содержание по блоку и многих проб, которые не замечаются, что не может быть признано правильным.

6. Замена выдающихся проб средним содержанием по выработке или блоку, вычисленных с учетом всех проб, в том числе и выдающихся.

7. Замена выдающихся проб средним содержанием, вычисленным по трем пробам — выдающейся и двум соседним, к ней примыкающим.

8. Уменьшение вдвое удельного значения выдающейся пробы в том случае, когда среднее содержание определяется путем уравновешивания частных содержаний.

9. Учет, по предложению А. К. Болдырева, не значений выдающихся проб, а их произведений на мощность рудного тела в точке опробования. Если это произведение превышает утроенное значение среднего произведения мощности на содержание по выработке или по блоку, то излишек сокращается до одной трети, прибавляется к утроенному значению и включается в подсчет вместо выдающейся пробы.

*Аналитические* методы учета выдающихся проб основываются на закономерности распределения рядов проб или их частот по классам содержания металла в пробах. Среди этих методов можно указать следующие:

1. Способ С. Д. Трескотта, описанный В. И. Смирновым [1950], по которому вывод среднего содержания ценного компонента для достаточно разведанных и опробованных месторождений должен производиться с учетом частоты данного класса проб. Для этого анализы всех проб разделяются на классы по содержанию в них ценного компонента, после чего определяется, сколько проб попадает в тот или иной класс. Частотой данного класса называется количество в нем проб, выраженное в процентах по отношению к их общему количеству.

Определение среднего содержания металла путем уравнивания частных содержаний на частоту класса производится по формуле:

$$c = \frac{c_1 n_1 + c_2 n_2 + \dots + c_n n_n}{100}, \quad (68)$$

где  $c$  — среднее содержание металла;  
 $c_1, c_2, \dots, c_n$  — частное содержание металла;  
 $n_1, n_2, \dots, n_n$  — частота того класса, к которому относится проба.  
 Эта формула может быть изменена так:

$$c = \frac{a_1 n_1 m_1 + a_2 n_2 m_2 + \dots + a_n n_n m_n}{100}, \quad (69)$$

где  $c$  — среднее содержание металла;  
 $a_1, a_2, \dots, a_n$  — среднее содержание металла по классу;  
 $n_1, n_2, \dots, n_n$  — частота этого класса;  
 $m_1, m_2, \dots, m_n$  — количество проб в ряду, по которому вычисляется среднее содержание данного класса.

Последняя формула может применяться только в том случае, когда для месторождения заранее составлена кривая частот проб.

При выводе среднего содержания металла по описанному способу уравнивания частных содержаний значение выдающихся проб всегда будет умножаться на очень малый коэффициент, так как частота их всегда будет низкой. Это перемножение нейтрализует влияние выдающихся проб, однако, как показывает опыт, среднее значение, вычисленное по описанному методу, получается заниженным и искусственно уменьшает величину запасов металла, а потому не может применяться при подсчете.

2. В самом начале разведки, когда мало данных для составления кривой частот, С. Д. Трескотт рекомендует определять содержание не как среднее арифметическое, а как среднее геометрическое по формуле

$$c = \sqrt[n]{c_1 \cdot c_2 \cdot \dots \cdot c_n}, \quad (70)$$

где  $c$  — среднее содержание металла;  
 $c_1, c_2, \dots, c_n$  — частное содержание металла;  
 $n$  — число проб.

Если частные содержания близки между собой, то среднее геометрическое близко к среднему арифметическому; если же частные содержания резко отличаются друг от друга, то среднее геометрическое будет значительно ниже среднего арифметического. Практически этот прием, помимо громоздкости вычислений, может сильно понизить запасы металла и не должен быть рекомендован.

3. При определении предельного уровня нормальных проб по вышеописанной формуле Н. В. Володомонова, рекомендуется заменять выдающиеся пробы величиной этого предельного уровня.

4. При выделении выдающихся проб по методу П. Л. Каллистова, автор этого метода рекомендует показания единичных высоких проб заменять удвоенным содержанием металла в ближайшей меньшей пробе. В том случае, когда в пределах одного блока оказывается две высокие пробы, содержание металла в большей из них заменяется утроенным, а содержание его в меньшей — полуторным содержанием золота в наибольшей нормальной пробе. П. Л. Каллистов полагает, что в пределах одного блока месторождений золота к числу выдающихся проб, подлежащих ограничению, не следует относить более двух проб.

*Геологические* методы учета выдающихся проб основаны на том, что при неравномерном распределении металла в рудном теле пробы с исключительно высоким содержанием являются типичными и отвечают природе этих месторождений. Исходя из этого, учет указанных проб

рекомендуется производить следующим образом. При вычислении среднего содержания металла по выработке или блоку выдающиеся пробы заменяются пробами с наиболее высоким содержанием из числа рядовых. Разница же между запасами металла, вычисленными с учетом выдающихся проб, и запасами, вычисленными с их заменой, учитывается отдельно и распределяется на запасы всего месторождения.

При этом методе главная трудность заключается в определении принципов распределения запасов металла, подсчитанных как разность между запасами с учетом выдающихся проб и без их учета, на запас всего месторождения.

Общими недостатками большинства всех перечисленных выше способов являются следующие:

1) наиболее совершенные способы учета выдающихся проб при подсчете запасов разработаны только применительно к золоторудным месторождениям и россыпям, в то время как, например, для ртутных, вольфрамовых, оловянных и других месторождений редких и рассеянных элементов обоснованная методика такого учета, в сущности, еще не разработана;

2) при рассмотрении вопроса об учете выдающихся проб не учитывается форма нахождения полезного компонента в минеральном сырье. Например, содержание золота в руде может колебаться от 0 до 100% (в самородном виде), содержание олова (в виде касситерита) в руде — от 0 до 78%; если же олово входит в состав станина, то содержание его может колебаться уже только от 0 до 27%, что снижает возможность появления «ураганных» проб;

3) зависимость отнесения проб к числу выдающихся от количества проб, участвующих в подсчете запасов, выяснена недостаточно;

4) при рассмотрении вопроса о влиянии проб с высоким содержанием ценного компонента обычно умалчивается о пробах с низким содержанием, которые иногда также могут потребовать особого учета;

5) во многих случаях отбор секционных проб приводит к искусственному выделению проб с очень высоким содержанием в пределах части мощности тела полезного ископаемого, приуроченной к обогащенным участкам, в то время как содержание ценного компонента для полной мощности (по всей борозде) является рядовым. Отнесение таких секционных проб к числу проб с выдающимся содержанием нельзя считать правильным. Однако определенных рекомендаций, что делать в этих случаях, еще не имеется;

6) экспериментальной проверки, которая подтвердила бы правильность того или иного способа учета выдающихся проб, например по сопоставлению с данными эксплуатации, нет. Поэтому необходимо развивать исследования по наиболее обоснованному определению проб с выдающимся содержанием ценных компонентов в минеральном сырье.

Исходя из современного уровня исследования вопроса о выдающихся пробах, пока можно считать наиболее целесообразным следующий порядок их учета:

1. В случае, если вызывает сомнение точность анализа выдающейся пробы, он должен быть проконтролирован по ее остатку или дубликату.

2. При подтверждении анализа по остатку или дубликату пробы там, где это возможно, место с выдающейся пробой следует еще раз переопробовать; если повторное переопробование дает рядовое содержание металла, его и вводят в подсчет среднего содержания.

3. В случае, если повторное опробование подтверждает выдающееся содержание металла и отвечает особенностям геологического строения опробованного забоя, такие пробы надо выделять и учитывать отдельно.

4. Точно так же необходимо выделять и особо учитывать выдающиеся пробы, когда повторное опробование и геологическое изучение забоев невозможно.

5. В этих последних случаях для подсчета запасов по отдельным выработкам или блокам содержание металла выдающихся проб должно быть заменено. Для золотых месторождений эта замена может быть сделана по методу П. Л. Каллистова, для других — по среднему содержанию металла в выработке или блоку, вычисленному по всем пробам, в том числе и выдающимся, при условии, если это вычисленное содержание будет не ниже максимального содержания в рядовых пробах; в противном случае оно должно быть заменено этим последним.

6. Для определения запасов металла по детально разведанному месторождению в целом, подсчет запасов которого основывается тысячами проб, его следует производить без замены выдающихся проб. Это можно сделать двумя способами.

Во-первых, определением в блоках с выдающимися пробами запасов металла при вычислении его среднего содержания как с заменой этих проб, так и без их замены. Разница, полученная при этом, должна быть прибавлена к суммарным запасам металла месторождения, учтенным по тем категориям, в контуре площадей которых входят блоки с выдающимися пробами. С учетом этого пополнения цифр запасов металла должно быть откорректировано среднее содержание его, в том числе и распространяемое на запасы, подсчитанные за пределами разведанной части месторождения.

Во-вторых, при помощи вычисления среднего содержания металла для площади каждой категории запасов по всей совокупности проб, вошедших в подсчет запасов данной категории, в том числе и выдающихся, и распространения такого содержания на запасы руды этой категории.

### Учет самородков

При вычислении средних содержаний золота по шурфам или скважинам при разведке россыпей производится особый учет самородков.

В россыпях с неравномерным размером золотых зерен случайные крупные золотины (самородки) могут сильно завязать среднее содержание по шурфу и особенно по скважине (в связи с малым объемом промываемой породы).

Наиболее распространенным способом учета самородков является следующий:

1. Производится ситовой анализ зерен золота по крупной россыпи или по группе однотипных россыпей. Для этого золото просеивается и разделяется на классы. Золото каждого класса взвешивается и весовое количество его выражается в процентах к общему весу золота. Кроме того, определяется средний вес золотого зерна каждого класса путем деления веса зерен этого класса на их количество.

По данным ситового анализа составляются таблица и кривая распределения золота по классам. Пример распределения россыпного золота по классам, по данным Е. П. Прокопьева [1931], приводится в табл. 15. Кривая распределения золота по этим данным показана на рис. 58.

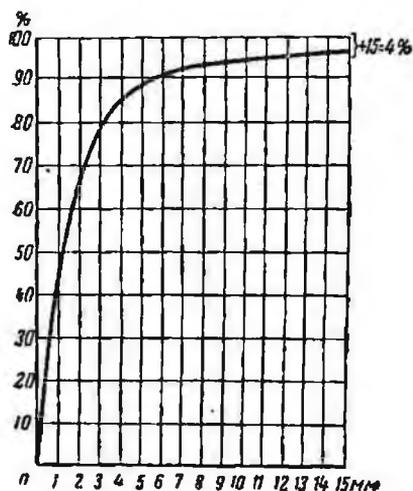


Рис. 58. Кривая распределения россыпного золота по классам (по Е. П. Прокопьеву)

2. По кривой распределения золота определяется предельный размер золотых зерен; зерна же, размер которых больше предельного, учитываются как самородки. Первые шесть классов золотых зерен составляют 90% от общего веса золота. Поэтому зерна, начиная с 7 класса, т. е. размером более 6 мм, являются редкими, случайными и могут быть причислены к самородкам.

Таблица 15

Распределение россыпного золота по классам

Классы		Вес золота данного класса в % к общему весу золота	Вес золота мельче данного класса в % к общему весу золота	Классы		Вес золота данного класса в % к общему весу золота	Вес золота мельче данного класса в % к общему весу золота
№	Размер зерен, мм			№	Размер зерен, мм		
1	1	40	40	7	6—7	1	91
2	1—2	29	69	8	7—8	1	92
3	2—3	10	79	9	8—9	0,8	92,8
4	3—4	7	86	10	9—10	0,7	92,5
5	4—5	2	88	11	11—15	2,5	96,0
6	5—6	2	90	12	+15	4	100

3. При вычислении среднего содержания по отдельным выработкам и скважинам полностью учитываются только зерна золота, вес которых меньше веса зерен, принимаемых за самородки, самородки же учитываются только в весе, равном принятому предельному весу зерна. Например, при промывке породы из скважины получено 20 мг мелкого золота и два самородка весом 15 и 32 мг. Максимальный вес золотого зерна, принимаемый в расчет при выводе средних содержаний золота, установлен в 10 мг. В этом случае в подсчет по скважине вводится вес всего мелкого золота плюс дважды по 10 мг из веса двух самородков, т. е. вводится вес, равный  $20 + 10 + 10 = 40$  мг.

4. В конечные цифры запасов золота вводится поправка на самородки. Коэффициент поправки определяется как отношение всего веса золота, намытого из разведочных выработок, к весу золота, введенного в подсчет по указанному выше способу, т. е.

$$k = \frac{q}{q'}, \quad (71)$$

где  $k$  — поправочный коэффициент на самородки (всегда более единицы);

$q$  — общий вес золота, полученного из разведочных выработок;

$q'$  — вес золота, введенный в подсчет запасов.

П. Л. Каллистов [1952] предлагает учитывать самородки способом, описанным выше для учета высоких проб.

### Учет попутных компонентов

Минералогический и химический состав полезного ископаемого в процессе его разведки должен быть изучен с полнотой, обеспечивающей возможность оценки промышленного значения как всех основных, так и попутных компонентов минерального сырья.

Руды некоторых месторождений, например золота, содержат сульфиды меди, свинца, цинка, мышьяка, висмута и другие минералы, попутное извлечение которых может представлять практический интерес.

Нередко переход на более совершенный метод обработки комплексных руд с целью извлечения попутных компонентов повышает процент извлечения из них и основного компонента. Поэтому во всех случаях, когда минералогический состав руд указывает на возможность комплексного их использования, требуются данные опробования на все сопутствующие компоненты и производство технологических испытаний по их извлечению.

Изучение попутных компонентов должно производиться уже на первых этапах разведки месторождения. С этой целью необходимо выполнить достаточное количество спектральных (20—30) и полных химических анализов (3—5) каждого из развитых на месторождении типов и сортов минерального сырья.

Наличие ценных попутных компонентов целесообразно также устанавливать на основании данных спектральных и химических анализов отдельных минералов; такого рода данные помогают выявлять связь попутных компонентов с определенными рудообразующими минералами, важную для установления корреляционной зависимости между главными элементами минерального сырья и их спутниками.

Для суждения о промышленной ценности редких и рассеянных компонентов, содержащихся в полезном ископаемом, полные химические и спектральные анализы иногда не дают достаточных материалов. Основной для практических заключений в этих случаях являются количественные химические анализы всевозможных продуктов переработки минерального сырья (концентраты, шламы, шлаки, зола и пр.).

Из наиболее часто встречающихся попутных компонентов, особенно характерных для месторождений сульфидных руд, следует указать висмут, галлий, германий, индий, кадмий, кобальт, молибден, мышьяк, селен, сурьму, таллий.

Для месторождений малых масштабов, где возможные запасы редких и рассеянных элементов не представляют существенного интереса, детальное освещение этого вопроса не является таким актуальным, как для крупных объектов.

После установления спектральными анализами или другими методами наличия в полезном ископаемом практически ценных попутных компонентов должно быть организовано систематическое опробование минерального сырья на эти компоненты.

Для опробования месторождения на второстепенные и попутные компоненты следует составлять групповые пробы. Химические анализы всех рядовых проб на присутствие в них попутных компонентов допустимо производить только в тех случаях, когда содержание основного компонента стоит на грани кондиционного, и промышленная ценность месторождения зависит от наличия или отсутствия в минеральном сырье попутного компонента. При этом распределение попутного компонента должно быть выяснено с детальностью, аналогичной основному компоненту.

Групповые пробы для анализа на попутные компоненты должны составляться с учетом сортовых и локальных признаков — выделений природных типовых и технологических сортов минерального сырья (окисленное и неизмененное сырье, богатые и бедные руды и пр.). Групповые пробы для каждой такой разновидности полезного ископаемого должны отбираться отдельно. С учетом разделения на эти разновидности они могут объединяться по отдельным выработкам (штрекам, ортам, восстающим) и буровым скважинам с таким расчетом, чтобы по анализам объединенных (групповых) проб можно было судить о среднем содержании попутных компонентов в минеральном сырье. по отдельным блокам подсчета запасов и по основным выработкам или скважинам, на которые опираются эти блоки.

Таким образом, в групповые пробы в разных условиях могут объединяться дубликаты основных проб в количестве от нескольких единиц до десятков и, в редких случаях, сотен штук.

Составление (объединение) групповых проб производится из дубликатов основных проб; навески отбираются пропорционально весам или длинам борозд (при бороздовом опробовании) основных проб. Обработка проб обычно производится по схеме, принятой для основного компонента.

Подсчет запасов попутных компонентов должен производиться в контурах подсчета основного компонента, что следует учитывать при составлении групповых проб и не включать в них некондиционные по основному компоненту пробы, расположенные за пределами контура подсчета запасов основного компонента.

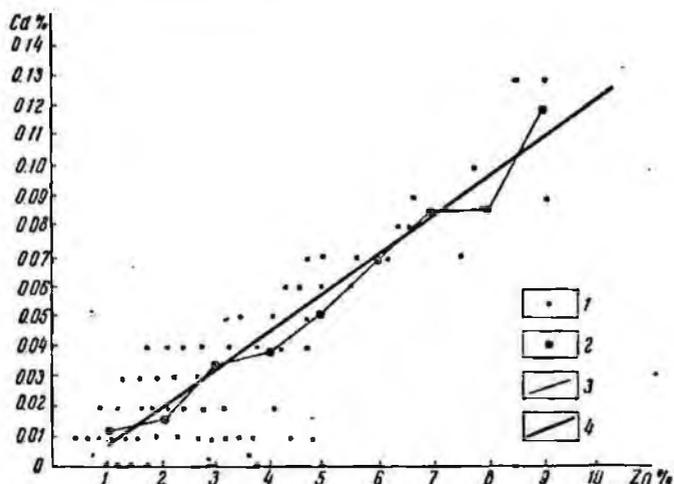


Рис. 59. График прямой корреляционной связи содержаний кадмия и цинка

1 — данные единичных анализов; 2 — средние значения по классам содержаний; 3 — фактическая кривая зависимости содержаний; 4 — средняя кривая зависимости содержаний

В тех случаях, когда контур распространения попутных компонентов не совпадает с контуром основного оруденения, опробование на попутные компоненты участков, расположенных вне контура основного оруденения, должно быть произведено отдельно, запасы минерального сырья и попутных компонентов на этих участках подсчитываются самостоятельно. Если контур распространения попутных компонентов находится внутри общего контура основного оруденения, то в этих участках запасы минерального сырья основных и попутных компонентов должны быть также подсчитаны самостоятельно.

Химические анализы на попутные компоненты, аналогично анализам на основные компоненты, должны систематически проверяться внутренним и внешним контролем, а в случае необходимости производятся и арбитражные анализы. Количество контрольных анализов должно быть достаточным для надежного суждения о достоверности химических анализов, положенных в основу подсчета запасов. Порядок отбора проб для контрольных анализов аналогичен порядку, описанному для основных компонентов.

Для определения в минеральном сырье содержания попутных и редких элементов может быть использована зависимость содержания их от количества присутствующих основных компонентов. Такая коррелятивная зависимость широко известна, например, для кадмия, количество

которого часто зависит от содержания в руде сфалерита (цинка), для серебра и висмута, количество которых в руде часто зависит от содержания галенита (свинца) и др. Эта зависимость обычно хорошо иллюстрируется специальными кривыми, которые строятся на основании достаточного количества химических анализов руды или минералов. Одна из таких кривых, отражающих зависимость содержания кадмия от содержания цинка, приведена на рис. 59.

Корреляция может быть прямой и обратной. При прямой корреляции увеличение содержания одного компонента в пробе влечет за собой увеличение содержания другого компонента (см. рис. 59). При обратной корреляции увеличению содержания одного компонента отвечает снижение содержания другого компонента (рис. 60).

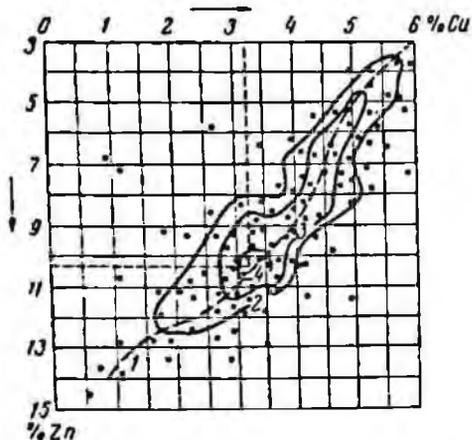


Рис. 60. Корреляционная кривая, выявляющая обратную зависимость между содержанием меди и цинка в рудном месторождении (по М. Н. Альбову)

Степень корреляционной зависимости между двумя компонентами определяется коэффициентом корреляции  $r$ ; его величина колеблется в пределах от 0 до  $\pm 1$ ; при отсутствии какой-либо связи  $r = 0$ . Полная прямая пропорциональная зависимость отвечает  $r = +1$ , а полная обратная пропорциональная зависимость имеет  $r = -1$ .

Количественное вычисление коэффициента корреляции по математическим формулам является делом довольно сложным. Ниже излагается вполне пригодный для целей подсчета запасов метод графического выявления корреляционной связи двух компонентов путем построения так называемой корреляционной решетки [М. Н. Альбов, 1943 г.].

Для графического установления корреляционной связи двух компонентов на бумаге разбивают координатную сетку обычно сантиметрового размера. По оси абсцисс слева направо откладывают значения одного компонента, например содержания меди, по оси ординат откладывают содержание другого компонента, например цинка.

Пусть мы имеем 100 забойных проб из медноколчеданного месторождения, каждая из которых проанализирована на содержание меди и на содержание цинка. Каждую пробу, согласно частным значениям меди и цинка, наносим на заготовленную корреляционную решетку в виде точки по координатной системе. В результате квадратная решетка заполняется рассеянными по ней точками, число которых равно числу учтенных проб. При случайном совпадении двух точек по их значениям отмечают совпадающую точку с уже имеющейся на решетке другой рядом поставленной точкой.

Общий характер рассеяния точек на графике показывает наличие ясно видимой или слабо выраженной прямой или обратной корреляции между обоими компонентами, или, наконец, отсутствие подобной зависимости.

Для более ясного графического выражения корреляционной связи проводят изолинии частоты. В пределах каждой клетки решетки подсчитывают число попавших в клетку точек и обозначают его численным индексом, условно привязанным к середине клетки (к пересечению ее диагоналей). По этим индексам проводят изолинии частоты. В случае

достаточно ясной зависимости между обоими компонентами по изолиниям частоты проводят инвариантную линию (линию, соединяющую точки максимальной кривизны изолиний, см. рис. 60).

Любая точка инвариантной линии представляет пару частных значений обоих компонентов в их наиболее вероятном взаимном соотношении.

Середина отрезка инвариантной линии, заключенного в пределах изолинии с наиболее высоким индексом частоты, представляет пару так называемых модальных значений обоих компонентов в их наиболее часто встречающемся взаимном соотношении.

В приведенном примере корреляционной решетки видна довольно отчетливая обратная корреляционная зависимость между медью и цинком: с увеличением содержания меди падает содержание цинка и наоборот. Модальными значениями являются 3,25% меди и 10,3% цинка. При наличии достаточно надежно обоснованных данных выявленная зависимость и аналогичные кривые корреляции могут быть использованы как для определения содержания в минеральном сырье соответствующих попутных компонентов, так и для подсчета запасов. В этих случаях может быть достаточным отбор только проверочных проб, а количество химических анализов на попутные компоненты может быть резко сокращено.

## **5. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

При подсчете запасов по большинству способов тела полезных ископаемых или их сечения проектируются на вертикальную, горизонтальную или другие плоскости. Эти проекции и используются для определения площадей тел полезных ископаемых.

Известно несколько способов определений площадей тел полезных ископаемых, из которых наиболее распространенными являются геометрический способ, определение планиметром, курвиметром и палеткой.

### **Геометрический способ определения площадей**

Этот способ применяется главным образом в тех случаях, когда подсчетный контур представляет собой фигуру, ограниченную прямыми линиями. Определяемая площадь разбивается на элементарные фигуры (треугольники, прямоугольники, трапеции), площади которых вычисляются по формулам геометрии. Сумма площадей таких элементарных фигур будет являться искомой величиной. Высоты и основания подсчетных фигур определяются на планах измерителем или вычисляются аналитически.

Способ этот очень прост, но при малых размерах фигур (менее 4—5 см на плане) он не обеспечивает достаточной точности. Применение находит способ треугольников (см. ниже), когда определяемые площади по ходу подсчета разбиваются на треугольники. Нередко пользуются способом ближайшего района (см. ниже), в котором отдельные площади подсчетных блоков представляют простые по очертанию многоугольники.

### **Определение площадей планиметром**

Фигуры площадей, ограниченные прямыми линиями, при подсчете запасов встречаются редко; чаще подсчетные площади имеют криволинейное очертание и разбивать их на простейшие геометрические фигуры затруднительно, поэтому главным образом применяется способ измерения площадей планиметром.

К числу наиболее употребительных относится планиметр Амслера. Этот полярный планиметр состоит из полюсного рычага, обводного рычага с переменной длиной и отсчетного приспособления (счетчика).

Измерение площадей планиметром можно делать, поставив полюс его внутри или вне измеряемой площади, в зависимости от величины последней.

На плане площади, измеряемые планиметром, выражаются следующими формулами:

для полюса внутри фигуры

$$S = a(V_2 - V_1 + q); \quad (72)$$

для полюса вне фигуры

$$S = a(V_2 - V_1), \quad (73)$$

где  $V_1$  и  $V_2$  — показания счетчика планиметра до обвода и после обвода контура шпилем планиметра;

$a$  — цена деления планиметра для данной длины рычага или первая постоянная планиметра;

$q$  — вторая постоянная планиметра для данной длины рычага, определяемая выражением

$$q = V_2 - V_1 - (V'_2 - V'_1), \quad (74)$$

где  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V'_1$  и  $V'_2$  — показания счетчика планиметра при измерении одной и той же площади при полюсе вне и внутри фигуры.

Постоянная планиметра  $a$  определяется путем измерения известной площади при данной длине обводного рычага. Частное от деления измеренной (заранее известной) площади на разность отсчетов до и после обвода площади планиметром дает цену его деления.

При измерении площади, установив полюс, следует убедиться в том, что при обводе планиметр все время будет иметь устойчивое положение. Перед обводом шпиль ставится в какую-нибудь определенную точку контура и по счетчику делается отсчет. После обвода при полюсе вне контура по ходу часовой стрелки получается больший отсчет. Разность между ними представляет величину измеряемой площади на плане в делениях планиметра. Перемножение ее на цену деления планиметра при данной длине обводного рычага позволяет определить площадь участка на плане. Зная масштаб плана, легко получить площадь участка в натуре ( $m^2$ ). Постоянной планиметра  $a$  стараются придать более удобное для вычисления значение, например 1. Это достигается изменением длины обводного рычага.

Каждая площадь измеряется дважды с перестановкой полюса. Допустимая разность двух определений не должна превышать  $1/200$  измеряемой площади.

Для получения надежных результатов необходимо выполнять следующие практические указания: 1) перед работой планиметр проверить и определить цену его деления; 2) длину обводного рычага планиметра выбирать в зависимости от величины измеряемых площадей; при небольших фигурах длину рычага брать короче; 3) полюс планиметра лучше всего располагать вне фигуры, чтобы исключить вычисления, связанные с определением постоянной  $q$ ; 4) начальное положение обводного шпиля должно быть в таком месте контура, в котором колесо при обводе вращается медленно; 5) каждое определение площади производить дважды и из них брать среднее; 6) при обводе отмечать, сколько раз индекс (указатель) прошел нуль циферблата.

В последнее время фабрикой «Геонструмент» изготавливается усовершенствованный планиметр ПП-2К, у которого, помимо основного,

имеется дополнительный счетный механизм и обводной шпиль заменен обводным стеклом с обводной точкой. Принцип работы планиметра ПП-2К такой же, как и у планиметра Амслера.

При обводе фигуры работают оба счетчика, что дает возможность вдвое сократить количество необходимых обводов без снижения точности замеров.

### Определение площадей курвиметром

Площади можно измерять также курвиметром, прибором, служащим для измерения длин кривых линий. Этот прибор состоит из небольшого ролика, укрепленного на оси, соединенной системой зацеплений с шестеренками, заключенными в футляр-обойму. При прокатке вдоль измеряемых линий на плане вращающиеся шестеренки отмечают на циферблате длину прокатанных линий, например в сантиметрах.

Для того чтобы этим прибором производить измерение площадей, нужен еще транспарант, который обычно изготавливается на восковой бумаге и имеет размеры большие, чем площадь, подлежащая определению. Линии транспаранта обычно проводятся через 0,5—1 см. Для удобства пользования каждая третья линия делается утолщенной.

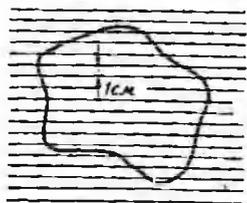


Рис. 61. Транспарант для работы с курвиметром

При определении площади контура на последний накладывается транспарант (рис. 61). Отрезки линий транспаранта, заключенные в пределах контура, последовательно прокатываются курвиметром и

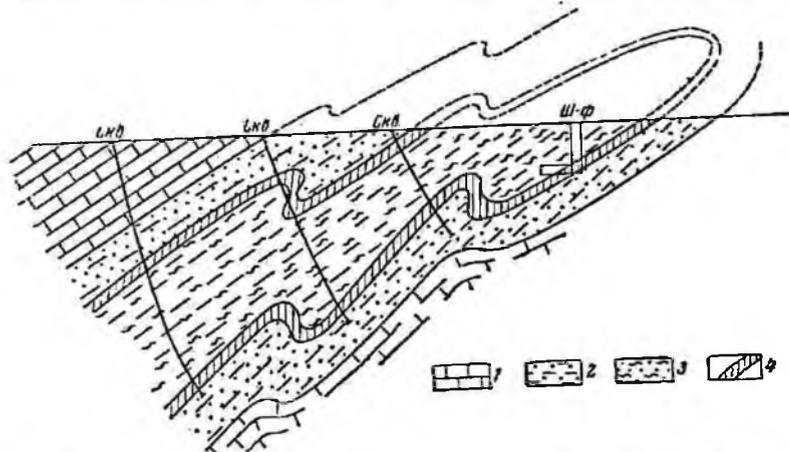


Рис. 62. Поперечный разрез маломощного пласта, площадь сечения которого может быть определена курвиметром  
1 — известняки; 2 — песчаники; 3 — сланцы; 4 — рудный пласт

таким образом измеряются. Длина их при этом автоматически суммируется прибором. Сумма в линейных сантиметрах дает площадь контура на плане в квадратных сантиметрах, если расстояние между линиями транспаранта было равно 1 см. После этого площадь согласно масштабу плана выражается в квадратных метрах. Для получения более надежного результата определение площади производится два-три раза при разных ориентировках транспаранта и из частных измерений вычисляется среднее арифметическое.

Замер длины линий по транспаранту может также выполняться при помощи измерительной линейки или циркуля.

Курвиметром или линейкой при помощи транспаранта могут измеряться большие и средние по величине площади, достигающие на плане

размера 8—10 см<sup>2</sup> и более. При тщательной работе измерения площадей курвиметром отличаются от измерений тех же площадей планиметром не более чем на 1—2%.

Для небольших площадей и контуров с извилистыми очертаниями этот способ не применим, так как он не дает достаточно точных результатов.

Однако при подсчете запасов маломощных тел полезных ископаемых, площади их сечений на разрезах могут быть замерены с помощью курвиметра. Например, площадь сечения пласта полезного ископаемого, изображенного на рис. 62, может быть определена как произведение средней мощности этого пласта, вычисленной по данным буровых скважин, на его общую протяженность, замеренную курвиметром.

### Определение площадей палеткой

Палеткой называется прозрачная пластинка из стекла, целлулоида или кальки, на которой нанесены угловые точки квадратов со стороной в 0,5 или 1 см (рис. 63). Если палетку наложить на контур плана, то каждой ее точке внутри контура квадрата со стороной, равной 1 см, будет соответствовать площадь 1 см<sup>2</sup>. Очевидно, количество точек палетки, расположенных на площади контура, будет выражать площадь последнего в квадратных сантиметрах.

Рис. 63. Палетка для подсчета площадей

В подсчет входят все точки внутри контура и половина точек, расположенных на линии контура. Определение площади производится несколько раз (обычно три) при разной ориентировке палетки относительно контура. Из всех определений берется среднее арифметическое.

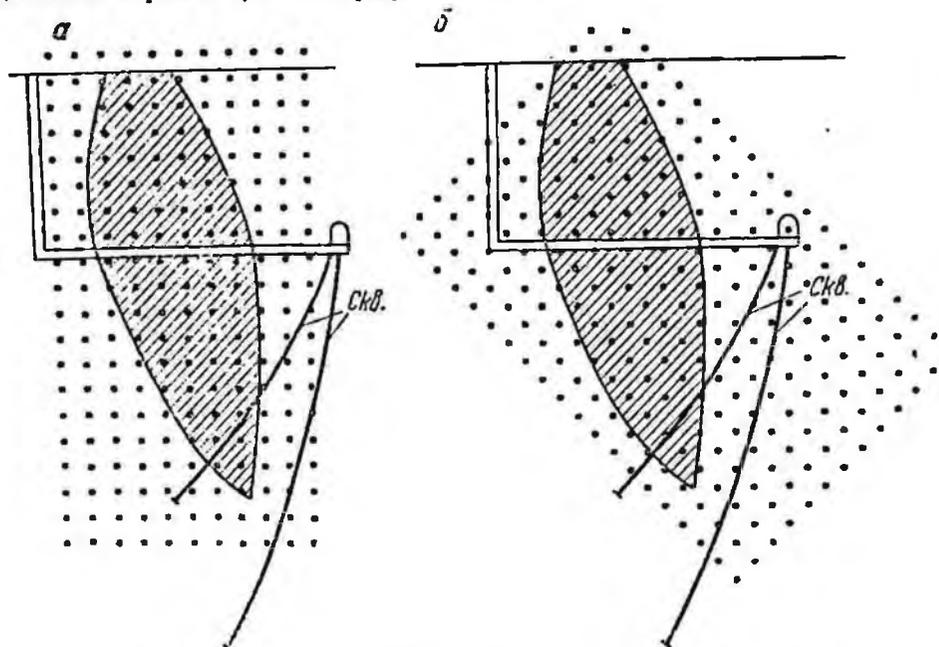


Рис. 64. Измерение площади разреза рудной линзы палеткой

На рис. 64 изображен пример измерения палеткой площади разреза линзы в плоскости квершлага и двух колонковых скважин. При пер-

вом положении палетки площадь разреза линзы перекрывается 73 точками (см. рис. 64, а). При втором положении, повернутом относительно первого приблизительно на  $45^\circ$ , площадь разреза линзы перекрывается 75 точками (см. рис. 64, б).

Для небольших площадей и контуров со сложным очертанием берется палетка со стороной квадрата 0,5 см; при этом, чтобы получить измеряемую площадь в квадратных сантиметрах, подсчитанные точки палетки нужно разделить на четыре. Площадь, измеренная таким образом, выражается в квадратных метрах согласно масштабу плана. Этот способ весьма прост для больших площадей, ограниченных не очень извилистым контуром, дает удовлетворительные результаты, не уступающие в этих случаях по точности результатам измерения площадей планиметром или курвиметром.

## ГЛАВА II

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ НЕФТИ И ГАЗА

Залежи нефти и газа приурочены к пористым участкам горных пород. Большая подвижность жидких и газообразных углеводородов, способность их к миграции, небольшой удельный вес благоприятствуют расположению залежей нефти и газа в повышенных участках структур.

Значительное многообразие форм структур, типов коллекторов и их изменчивость создают большие трудности для правильного определения основных параметров, характеризующих залежи нефти и газа.

В то же время для точного определения цифр запасов строгое определение параметров является необходимым. В силу того, что роль и значение параметров, характеризующих залежи нефти и газа, не являются идентичными, их целесообразнее рассматривать отдельно не только для нефти и газа, но и для различных методов, применяемых при подсчете запасов.

#### А. ДЛЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ

##### 1. Объемный метод подсчета запасов

Указанный метод основан на том, что объем пор пласта, в которых находится нефть, можно определить, зная геометрические размеры нефтеносного пласта, его пористость и свойства насыщающей поры нефти.

В связи с этим возникает необходимость первоначально определить геометрические размеры нефтеносного пласта и объем его порового пространства: продуктивная площадь пласта ( $S$ ); эффективная нефтенасыщенная мощность пласта ( $m$ ); коэффициент эффективной пористости ( $\varphi$ ); коэффициент нефтенасыщения ( $\mu$ ); коэффициент нефтеотдачи ( $k$ ); удельный вес нефти ( $\gamma$ ); пересчетный коэффициент ( $\eta$ ).

Продуктивная площадь пласта ( $S$ ) устанавливается на основе данных о положении водо-нефтяного контакта по материалам пробуренных скважин и их испытания. Данные испытания скважин в сопоставлении с интервалом прострела дыр и комплексными материалами изучения кернов, электрического каротажа (и бокового каротажного зондирования — БКЗ) позволяют определить положение водо-нефтяного контакта и установить внешнюю (по кровле пласта) и внутреннюю (по подошве пласта) границы залежи нефти (или только внешнюю границу залежи пласта при наличии в продуктивном пласте по всей площади подошвенной воды). При наличии внешней и внутренней границ залежи нефти расчет площадей ведется раздельно — для чисто нефтяной зоны и для водо-нефтяной зоны (в пределах которой в подошве пласта содержится вода). В симметричных залежах, форма которых совпадает с формой струк-

туры пласта, при определении продуктивной площади достаточно установить положение водо-нефтяного контакта в одной, лучше в двух точках (для контроля). В несимметричных залежах количество скважин, требующееся для установления водо-нефтяного контакта, может быть весьма различным. В «водоплавающих» залежах нефти (имеющих в подошве пласта подошвенную воду) для точного определения положения поверхности водо-нефтяного контакта требуется, как правило, проведение не более трех скважин.

Продуктивная площадь, установленная данными определения водо-нефтяного контакта в пробуренных скважинах, называется *разведанной*; при проведении границ продуктивной площади на основании данных каротажа или кратковременного опробования скважин без установления водо-нефтяного контакта или лишь по аналогии с разбуренными площадями выделяются *видимая* и *предполагаемая (перспективная)* площади в зависимости от объема и качества проведенных исследований.

**Эффективная нефтенасыщенная мощность пласта ( $m$ ).**

Необходимо определить не только мощность пористой (эффективной) части пласта, но и его нефтенасыщенную мощность. В связи с тем, что при расчете объема продуктивного пласта используется проекция площади на горизонтальную плоскость, при определении мощности пласта подсчитывают обычно вертикальную (видимую) мощность пласта без поправки на угол падения пласта.

Точное определение эффективной нефтенасыщенной мощности пласта является важной задачей; для этого используют данные анализа кернов, электрического и радиоактивного каротажа, а также материалы опробования скважин, позволяющие установить водо-нефтяной контакт и границы этой мощности. Особенно затруднительным является определение эффективной нефтенасыщенной мощности для карбонатных пород. В этом случае большое значение имеют комплексные определения указанной величины.

Определение положения нижней границы эффективной нефтенасыщенной мощности усложняется еще наличием переходной зоны, мощность которой в хорошо проницаемых коллекторах достигает 0,3 м, а в плохо проницаемых породах иногда превышает 7—8 м. Обычно на практике за нижнюю границу эффективной нефтенасыщающей мощности принимают среднюю линию интервала переходной зоны. В связи с этим точное определение этой средней линии в залежах нефти, приуроченных к структурам платформенного типа, имеет большое значение при определении цифр запасов нефти.

Для более точного определения эффективной нефтенасыщенной мощности пласта по отдельным скважинам следует использовать данные электрического каротажа (БКЗ).

Вычисление средней мощности пласта лучше всего вести путем составления карты изопакит и подсчета по ней средней арифметически взвешенной мощности на единицу площади по соотношению:

$$m = \frac{m_1 S_1 + m_2 S_2 + \dots + m_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (75)$$

где  $S_1, S_2 \dots S_n$  — площади отдельных участков пласта, ограниченные соседними изопакитами, га;

$m_1, m_2 \dots m_n$  — средние изопакиты ( $m$ ), соответствующие указанным участкам и определяемые как средние цифры между двумя соседними изопакитами.

Тщательное определение эффективной нефтенасыщенной мощности пласта позволяет достаточно точно определить и границы продуктивной площади. Для этого полезно строить карты водо-нефтяного контакта.

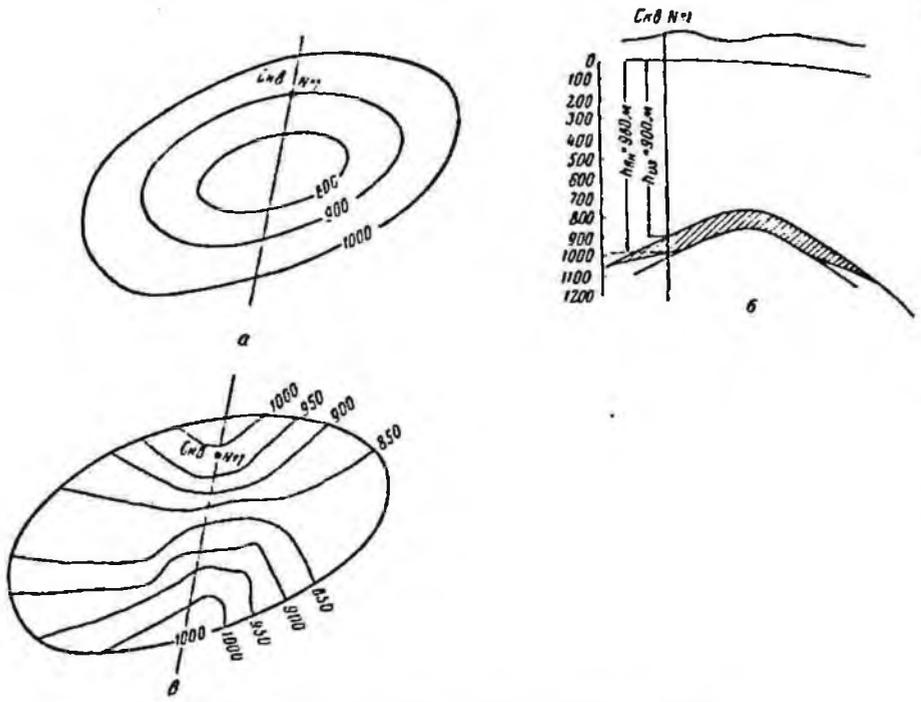


Рис. 65. Построение карты водо-нефтяного контакта

*a* — структурная карта; *б* — профиль; *в* — карта водо-нефтяного контакта;  $H_{изз}$  — изогипсы кровли пласта в какой-либо скважине;  $H_{вн}$  — отметка водо-нефтяного контакта в этой же скважине; цифрами на планах показаны изогипсы кровли пласта (*a*) и водо-нефтяного контакта (*в*)

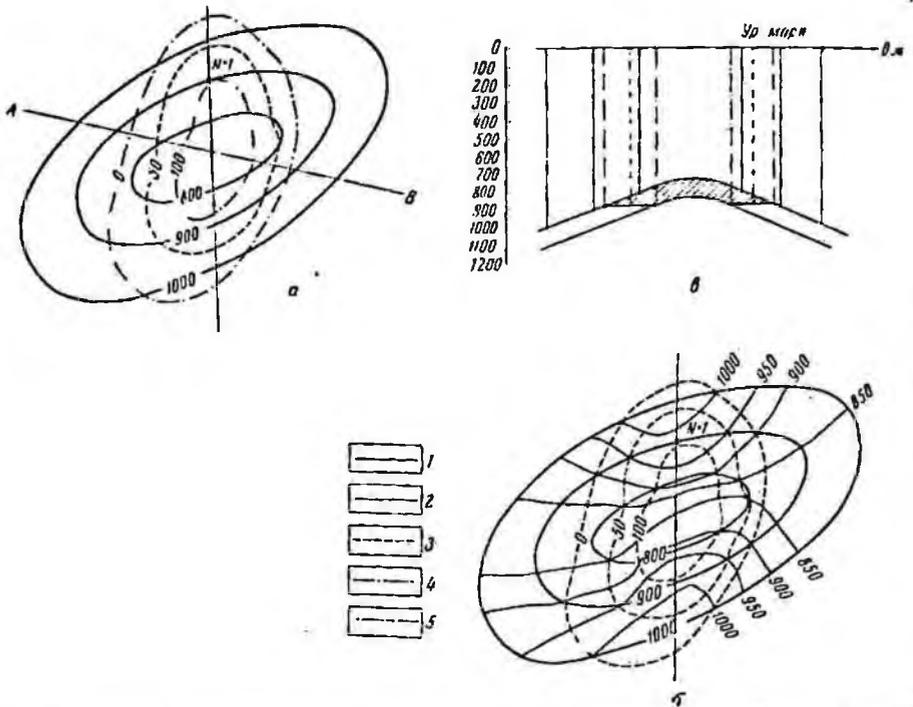


Рис. 66. Совмещение карты водо-нефтяного контакта со структурной картой кровли пласта

*a* — определение внутреннего и внешнего контуров нефтеносности; *б* — карта толщины нефтяного слоя и контуров нефтеносности; *в* — профиль *AB*; 1 — изогипсы кровли пласта; 2 — изогипсы карты водо-нефтяного контакта; 3 — изогипсы толщины нефтяного слоя; 4 — внешний контур нефтеносности; 5 — внутренний контур нефтеносности. Вертикальная мощность пласта 100 м

Методика построения карты водо-нефтяного контакта аналогична построению структурной карты: на плане расположения скважин у соответствующих точек надписываются зарегистрированные на данную дату и приведенные к уровню моря отметки водо-нефтяного контакта, затем по методу треугольников проводится интерполяция между скважинами и строится карта водо-нефтяного контакта, рис. 65.

Совмещение построенной карты водо-нефтяного контакта со структурной картой для кровли данного пласта позволяет по методу карты схождения построить карту равной эффективной нефтенасыщенной мощности пласта (карта толщины нефтяного слоя) и определить внешний и внутренний контуры нефтеносности, рис. 66.

На профиле *АВ* показано положение залежи нефти и водо-нефтяного контакта. Составление ряда таких профилей по карте водо-нефтяного контакта на разные даты и сравнение их позволяют наиболее точно и объективно определять изменение водо-нефтяного контакта в процессе разработки.

Для проведения внутреннего контура (по подошве пласта) можно пользоваться данными внешнего контура (при горизонтальном положении водо-нефтяного контакта и наличии данных о постоянстве вертикальной мощности пласта. В этом случае (рис. 67) отметка внутрен-

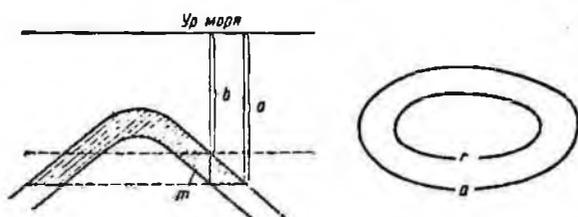


Рис. 67. Схема определения внутреннего контура нефтеносности по данным о положении внешнего контура нефтеносности на структурной карте

слева — профиль; справа — структурная карта по кровле пласта

него контура нефтеносности (*b*), соответствующая изогипсе кровли пласта, будет равна разности между отметкой изогипсы для внешнего контура нефтеносности (*a*) и вертикальной мощностью пласта (*m*):

$$b = a - m. \quad (76)$$

Коэффициент эффективной пористости ( $\phi$ ). При подсчете запасов нефти пользуются коэффициентом эффективной пористости (а не общей, физической пористостью), которым называется отношение объема свободных, связанных между собой пор к объему всего образца породы. В настоящее время вместо термина *эффективная пористость* некоторые исследователи применяют термин *открытая пористость* или *пористость насыщения* в отличие от термина *динамическая пористость*, под последней в этом случае понимают ту часть объема пор, которая занята только движущейся жидкостью в порах при полном их насыщении этой жидкостью и установившемся движении. В силу того, что указанные вопросы в известной мере взаимно связаны, применяется термин не открытая, а *эффективная пористость*, который укоренился в практике подсчета запасов нефти и который применяется также и за рубежом. Коэффициент эффективной пористости определяется различными методами в лаборатории (например, методом насыщения, по Преображенскому).

Для получения точных сведений о коэффициенте эффективной пористости необходимо наличие фактических данных, равномерно распределенных по площади и по мощности продуктивного пласта.

Определение средней эффективной пористости для известняков и доломитов, особенно при наличии в них трещиноватости, является весьма затруднительным. По данным А. А. Трофимука, емкость трещиноватых карбонатных коллекторов ряда месторождений весьма низкая и составляет от 0,250 до 0,362% к объему нефтеносной породы, учитывая лишь ту его часть, которая заполнена нефтью, извлеченной из недр в процессе эксплуатации. Принимая условно коэффициент нефтеотдачи равным 0,2, общая емкость карбонатных коллекторов будет составлять около 1,25—1,8%. Кавернозные доломиты и известняки обладают высокой пористостью, достигающей нередко 25—30% и более.

При определении пористости пород важным является использование данных не только лабораторных, но также и электрических, радиоактивных и промысловых исследований. Комплексное определение пористости позволяет более точно получить значение этого важного параметра.

Для вычисления средней величины эффективной пористости по пласту по имеющимся фактическим данным лучше всего строить карту равной пористости, определяя по ней среднюю пористость, как среднюю арифметически взвешенную величину на единицу площади, аналогично определению средней мощности по карте изопахит.

Коэффициент нефтенасыщения ( $\mu$ ). Коэффициентом нефтенасыщения называют отношение объема нефти, содержащейся в порах, ко всему объему пор пласта. Ввиду исключительной трудности точного количественного определения содержания нефти в кернах, поднятых из скважин, для определения нефтенасыщенности применяют косвенный метод.

Сущность этого метода заключается в определении в порах кернов связанной воды, полагая, что остальной объем пор занят нефтью. Зная содержание связанной воды ( $\zeta$ ), определяют коэффициент нефтенасыщения по формуле

$$\mu = 1 - \zeta. \quad (77)$$

Результаты исследования советских геологов Н. Т. Линдтропа и В. М. Николаева, опубликованные в 1929 г., впервые показали, что в порах нефтесодержащих пород находится связанная вода, остающаяся практически неподвижной в процессе эксплуатации залежи. Исследования за рубежом показали, что при содержании в порах породы до 35—40% связанной воды скважины могут давать безводную нефть.

Большим содержанием связанной воды обычно характеризуются мелкозернистые глинистые пески и песчаники. В крупнозернистых песках, а также в известняках содержание этой воды значительно меньше. Содержание связанной воды определяется по кернам, отобраным в скважинах, которые вскрывают пласт на нефтяном растворе (в связи с чем при вскрытии пласта заменяют глинистый раствор нефтью и только тогда, вскрывая пласт, отбирают керн для исследования); в этом случае содержание в кернах связанной воды не нарушается, так как исключается проникновение в керн воды из глинистого раствора.

Помимо такого прямого определения в кернах связанной воды, создающего ряд трудностей в процессе бурения скважины, в промышленной практике применяют также косвенные методы оценки содержания связанной воды. К числу их следует отнести методы, основанные на изучении: 1) зависимости содержания связанной воды от капиллярного давления, 2) проницаемости и связи ее с водонасыщенностью породы для различных типов пород, 3) пористости и удельной поверхности породы и средней толщине пленки связанной воды на зернах породы, 4) содержания хлоридов в породе.

Содержание связанной воды успешно определяется на основании данных геофизических исследований. Данными для оценки содержания

жидкости в пласте являются электросопротивление нефтяного песка в пластовых условиях ( $R$ ) и электросопротивление того же пласта, когда его поры полностью заполнены пластовой водой ( $R_0$ ). Первая величина может быть получена из каротажных диаграмм с учетом влияния на них диаметра скважины, сопротивления раствора, поглощения воды стенками скважины из глинистого раствора, величины мощности пласта, расстояний между электродами и т. д. Вторая величина может быть получена из каротажной диаграммы по скважинам, в которых эксплуатационный пласт находится за контуром нефтеносности. Тогда имеем

$$F = \sqrt{\frac{R_0}{R}}, \quad (78)$$

где  $F$  — содержание связанной воды в долях единицы.

Результат будет более точен тогда, когда пористость внутри и вне контура одинакова, а соленость пластовой и связанной воды почти идентична, что обычно наблюдается в пластах с водонапорным режимом.

При отсутствии других данных часто применяют косвенный метод определения связанной воды, как уже указывалось, по зависимости между проницаемостью пласта и его водонасыщенностью, рис. 68.

Зная проницаемость породы и тип породы, по графику легко определить водонасыщенность ( $\xi$ ), а зная ее, — найти коэффициент нефтенасыщенности ( $\mu$ ), как указывалось выше. Применение комплекса указанных выше методов определения величины связанной воды. позволяет более точно оценить значение коэффициента нефтенасыщения.

Согласно инструкции по применению классификации запасов к месторождениям нефти для обоснования коэффициента нефтенасыщения необходимо привести: данные о режиме горизонта, типе коллектора и его свойствах; лабораторные данные по определению нефтенасыщения и содержания связанной воды, в том числе содержания хлоридов в породах (по керну) каждого продуктивного прослоя, четко выделяемого в разрезе пласта, и содержания воды не менее чем по 3 образцам; данные геофизических исследований продуктивного горизонта (электросопротивления горизонта в пластовых условиях и в случае, когда его поры полностью заполнены водой) по определению связанной воды; результаты определения связанной воды по кривым зависимости между проницаемостью коллектора и его водонасыщенностью; анализ указанных выше данных и обоснование принимаемого коэффициента нефтенасыщенности.

**Коэффициент нефтеотдачи ( $k$ ).** Величина коэффициента нефтеотдачи зависит от многих факторов: литологических свойств коллектора, свойств насыщающей пласт нефти, темпа и системы разработки и метода эксплуатации. Однако главное влияние оказывают свойства вытесняющего нефть агента; коэффициент отдачи в значительной мере зависит от режима пласта. В силу явлений фазовой проницаемости 20% нефти от объема пор в пластах являются неизвлекаемым запасом даже при

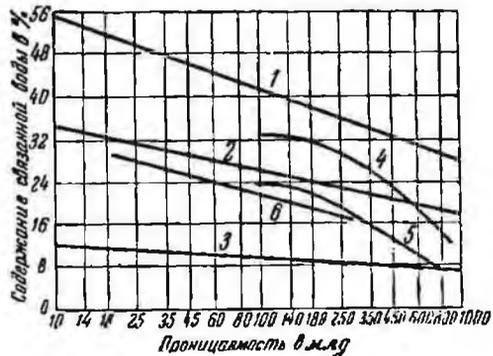


Рис. 68. Зависимость между водонасыщенностью породы и проницаемостью для коллекторов различного типа

применении методов интенсификации и вторичных методов, что основывается на данных лабораторных исследований. Коэффициентом нефтеотдачи называют отношение объема нефти, который может быть извлечен на поверхность при данном способе разработки (и эксплуатации), к тому объему нефти (приведенному также к поверхностным условиям), который первоначально содержался в недрах (отношение промышленного запаса к первоначальному запасу). Величина коэффициента нефтеотдачи выбирается обычно в зависимости от режима пласта, а именно для:

эффективного водонапорного режима,	— 0,6—0,8,
эффективного режима газовой шапки,	— 0,5—0,7,
неэффективного режима газовой шапки,	— 0,4—0,6,
режима растворенного газа,	— 0,2—0,4,
гравитационного режима,	— 0,1—0,2,

Для контроля полученного коэффициента отдачи необходим отбор кернов в истощенной части пласта и их анализ.

При применении мероприятий по воздействию на пласт коэффициент отдачи увеличивается, что должно быть подтверждено лабораторными и опытными промысловыми исследованиями.

По восточной группе месторождений Кубани средний коэффициент отдачи составлял 0,41 при наличии, в основном, режима растворенного газа с неэффективным проявлением водонапорного режима. В результате применения мероприятий по воздействию на пласт путем закачки воздуха коэффициент отдачи удалось повысить до 0,5, т. е. увеличить почти на 22%.

Интересные данные о величинах коэффициента нефтеотдачи и роли мероприятий по воздействию на пласт можно привести из практики разработки месторождений США. Согласно указанным данным, коэффициент нефтеотдачи зависит от плотности расположения скважин; оказывается, что при водонапорном режиме, когда плотность расположения скважин составляет одну скважину менее чем на 8 га, средний коэффициент нефтеотдачи превышал 0,36 и при более редкой сетке он доходил до 0,36 и ниже. При применении мероприятий по воздействию на пласт указываются высокие коэффициенты нефтеотдачи, от 0,60 (месторождение Магнолия, Арканзас) до 0,75 (месторождение Вост. Техас, Техас). Из этих данных видно также, что при применении мероприятий по воздействию на пласт коэффициент нефтеотдачи увеличивается на 38—74% в среднем, и в отдельных случаях значительно больше.

Согласно инструкции по применению классификации запасов к месторождениям нефти для обоснования коэффициента нефтеотдачи должны быть приведены: данные о режиме горизонта, типе коллектора, нефтенасыщенности, проницаемости, дебитах скважин; соображения о способе разработки горизонта; расчет по определению отдачи по эмпирической формуле П. Джонса для месторождений с водонапорным и газовым режимами, если разработкой предусматривается полное обводнение горизонта с водонапорным режимом и закачка газа в горизонт с газовым режимом; эксплуатационные данные о нефтеотдаче аналогичных коллекторов по соседним месторождениям; анализ указанных выше данных и обоснование принимаемого коэффициента нефтеотдачи.

Удельный вес нефти ( $\gamma$ ). Удельный вес берется как средняя величина по пласту и определяется в лаборатории. Для расчета запасов  $\gamma$  принимается при стандартных условиях (при 15,5° С).

Пересчетный коэффициент ( $\eta$ ). Пересчетный коэффициент, или величина, обратная объемному коэффициенту пластовой нефти ( $U_e$ ), вводится для приведения подсчитанных запасов нефти в недрах к стандартным условиям на поверхности.

Пересчетный коэффициент не следует смешивать с коэффициентом усадки нефти ( $\epsilon$ ). Существует следующая зависимость между указанными коэффициентами:

$$\eta = \frac{1}{U_\epsilon} = 1 - \epsilon \quad (79)$$

и

$$\epsilon = \frac{V_{пл} - V_{пов}}{V_{пл}}, \quad (80)$$

где  $V_{пл}$  — объем нефти в пластовых условиях;  
 $V_{пов}$  — тот же объем нефти на поверхности при стандартных условиях.

Учет усадки нефти на поверхности является обязательным, так как величина ее достигает иногда 43% (месторождение Оклагома Сити) и даже 60—70%. Объемный коэффициент пластовой нефти определяется прямым путем на основании лабораторного анализа глубинной пробы пластовой нефти (взятой специальным пробоотборником) или косвенным методом путем расчета на основе данных об удельном весе нефти, растворимости газа в нефти при данном пластовом давлении, температуре пласта и данным анализа о фракционном составе углеводородного газа в объемных процентах.

Обычно при анализе глубинной пробы нефти определяется также, помимо объемного коэффициента пластовой нефти, удельный вес пластовой нефти ( $\gamma_{пл}$ ). В этом случае при подсчете запасов нефти пересчетный коэффициент вводить не следует и вместо него используется удельный вес пластовой нефти по соотношению:

$$\gamma_{см} \cdot \eta = \frac{\gamma_{пл}}{1 + \delta}, \quad (81)$$

$$\delta = \frac{N \cdot \gamma_g \cdot \gamma_z}{1000}, \quad (82)$$

где  $\delta$  — весовой газовый фактор,  $m/m$ ;

$N$  — количество газа, растворенного в нефти, при данном пластовом давлении,  $m^3/m$ ;

$\gamma_g$  — удельный вес воздуха,  $1,293 \text{ кг}/m^3$ ;

$\gamma_z$  — удельный вес газа по воздуху,  $кг/m^3$ .

## 2. Метод материального баланса

В отличие от объемного метода, метод материального баланса является не статическим, а динамическим. При его применении состояние пласта рассматривается в зависимости от отбора жидкости, газа и падения пластового давления. Значения основных параметров следует определять для данного среднего пластового давления, определяемого по картам изобар (карты равных пластовых давлений), как средняя величина, арифметически взвешенная на единицу площади. При применении метода материального баланса должны быть определены следующие величины и параметры: накопленная добыча нефти ( $Q_s$ ); объем газа; средний газовый фактор ( $r_p$ ); объемные коэффициенты пластовой нефти; объемные коэффициенты пластового газа; двухфазный объемный коэффициент пластовой нефти  $U$ ; доля газоносной части объема пласта ( $a$ ); вошедшая в пласт вода ( $W$ ).

Накопленная добыча нефти ( $Q_s$ ) определяется на дату расчета в  $m^3$ , т. е. вся полученная при добыче нефти с начала разработки на дату расчета.

Объем газа, растворенного в одном  $m^3$  нефти на начало разработки ( $r_0$ ) и на дату расчета ( $r$ ) в  $m^3/m^3$ . Эти данные определяются либо

в лаборатории в отобранных глубинных пробах пластовой нефти, либо по имеющимся в литературе графикам растворимости газа в нефти в зависимости от средних пластовых давлений.

Средний газовый фактор ( $r_p$ ) определяется за весь период разработки на дату расчета, как частное от деления накопленного при добыче газа ( $Q_z$  в  $m^3$ ) на добычу нефти ( $Q_s$  в  $m^3$ ), а именно

$$r_p = \frac{Q_z}{Q_s}. \quad (83)$$

Объемные коэффициенты пластовой нефти на начало разработки ( $U_0$ ) и на дату расчета ( $U_e$ ) определяются аналогично сказанному выше (см. пересчетный коэффициент  $\eta$ ).

Объемные коэффициенты пластового газа определяются на начало разработки ( $V_0$ ) и на дату расчета ( $V$ ), которые соответственно равны:

$$V_0 = \frac{1}{P_0} \cdot \frac{T + t_{на}}{T + t_{см}} \left[ \frac{PV}{RT} \right], \quad (84)$$

$$V = \frac{1}{P} \cdot \frac{T + t_{на}}{T + t_{см}} \left[ \frac{PV}{RT} \right], \quad (85)$$

где  $P_0$  и  $P$  — средние пластовые давления, вычисленные по картам изобар, соответственно на начало разработки и на дату расчета;

$T$  — абсолютная температура;

$t_{на}$  и  $t_{см}$  — соответственно пластовая температура в недрах и стандартная температура ( $20^\circ C$ );

$\left[ \frac{PV}{RT} \right]$  — коэффициент сжатия углеводородного газа для соответствующих давлений, определяемый по кривым, имеющимся в литературе.

Двухфазный объемный коэффициент пластовой нефти ( $U$ ) равен

$$U = U_e + (r_0 - r) \cdot V. \quad (86)$$

Доля газоносной части объема пласта ( $m$ ) по отношению к объему нефтеносной части пласта. При постоянстве мощности продуктивного пласта в пределах всей площади величина  $m$  равна отношению газоносной площади пласта к нефтеносной.

Вошедшая в пласт вода ( $W$ ) и суммарная добыча воды ( $w$ ) с начала разработки в  $m^3$ . Существуют различные методы определения вошедшей в пласт воды, но наиболее простым и достаточно точным является метод, основанный на определении размера обводненной площади с начала разработки на дату расчета, зная начальный и современный (на дату расчета) контуры нефтеносности.

В этом случае

$$W = S \cdot m \cdot \varphi \cdot \mu \cdot 0,8, \quad (87)$$

где  $S$  — заводненная площадь,  $m^2$ ;

$m$  — эффективная средняя мощность пласта на обводненной площади,  $m$ ;

$\varphi$  — коэффициент эффективной пористости;

$\mu$  — коэффициент нефтенасыщения;

0,8 — коэффициент извлечения нефти, полагая 0,2 запаса остающимся в недрах при современной технологии добычи нефти.

### 3. Статистический метод

При применении статистического метода исходными данными являются дебиты нефти по скважинам. Для построения статистических кривых обычно используют среднесуточные дебиты скважин по месяцам. В связи с этим для каждого исследуемого пласта составляется таблица исходных фактических данных (табл. 16).

Таблица 16

Схема расположения фактических данных по месяцам

Скв/уч.	Дата вступления в эксплуатацию	Наименование	19—					19—	
			I	II	—	XII	Итого	I	—
		Месячная добыча нефти	$Q$						
		Число дней эксплуатации	$n$						
		Среднесуточная добыча за месяц	$\frac{Q}{n}$						

#### Б. ДЛЯ ЗАЛЕЖЕЙ ГАЗА

##### 1. Объемный метод подсчета запасов

Подсчет запасов газа при применении указанного метода основывается на данных условий залегания газа, так же как это делается и при подсчете запасов нефти.

В связи с этим изучению и определению подлежат: объем пласта, коэффициент газонасыщенности, пластовое давление, поправки на отклонение углеводородных газов, поправка на температуру, коэффициент отдачи.

Объем пласта, содержащий газовую залежь, — для этого необходимо определить величину газоносной площади ( $S$ ) путем установления границ промышленной газоносности. Величина площади определяется, в основном, теми же приемами, которые были указаны для нефти, имея в виду лишь то, что газ является весьма подвижным веществом и контуры газоносности, как правило, совпадают с изогипсами пласта, что облегчает определение границ залежи. Затем необходимо определить эффективную газоносную мощность ( $m$ ), используя указания, сделанные при рассмотрении залежи нефти, и учитывая особенности залегания газа, отличные по сравнению с залежами нефти (отсутствие необходимости учета переходной зоны); определяется положение контакта газ — вода, имея в виду нередкое отклонение его от горизонтальности. Наконец, следует определить коэффициент пористости (для газа можно брать общую пористость песков и песчаников, а не эффективную).

Коэффициент газонасыщенности, который определяется на основе лабораторных данных о содержании в газоносных пластах связанной воды; А. А. Ханин предлагает непосредственно определять эффективную пористость с учетом содержания связанной (он называет остаточной) воды по данным о газопроницаемости (рис. 69). Указанным графиком можно пользоваться для ориентировочных расчетов, когда отсутствуют конкретные лабораторные исследования.

Пластовое давление на дату расчета ( $P$ ) в атмосферах. Часто в качестве статических забойных давлений принимают давления на устье скважин, замеренные в конце минуты после закрытия устья скважин (т. е. берут так называемые «минутные замеры» давлений). В связи с изменчивостью проницаемости газоносного пласта и различием режима эксплуатации, депрессия давлений у отдельных скважин является различной, что приводит к различному во времени выравниванию давлений. Поэтому для более точного определения забойных давлений по скважинам следует после закрытия их строить индикаторную диаграмму нарастания давления, по которой и определяется статическое забойное давление. Для вновь открытого и не находившегося еще в эксплуатации месторождения в качестве первоначального среднего пластового давления принимается максимальное давление, замеренное в одной из первых скважин, при временно закрытом устье.

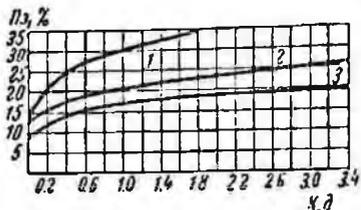


Рис. 69. Соотношение эффективной пористости  $P_i$  и газопроницаемости для песчаных пород ( $P_i$  определена с учетом на остаточную воду, по А. А. Хашину)

1 — алевролитовые породы; 2 — мелкозернистые породы; 3 — крупно- и среднезернистые породы

Текущее среднее пластовое давление определяют либо путем построения карт изобар и вычисления по ним среднего пластового давления, либо путем расчета среднего давления по данным замеров в отдельных скважинах, что менее точно.

При всех замерах давлений на устье скважин последние должны быть соответствующим образом герметизированы во избежание утечек газа и получения ошибочных данных о давлениях.

Если газоносный пласт представлен в виде отдельных линз, не сообщающихся друг с другом, то расчет давлений (так же, как и запасов газа) должен вестись раздельно по этим линзам. Для точного определения забойного давления следует после определения давления на устье закрытой скважины пересчитать это давление на забой с учетом веса столба газа в скважине. Такой пересчет на забой особенно важно делать, когда глубина скважины до залежи газа является значительной, а пластовое давление — большим. В этом случае давление на забое скважины с учетом веса столба газа, по данным манометрического давления, будет равно по упрощенной формуле

$$P_{заб} = P_m + \frac{P_m \cdot H \cdot \gamma}{7734}, \quad (88)$$

где  $P_{заб}$  — давление на забое, ат;

$P_m$  — манометрическое давление на устье закрытой скважины, ат;

$\gamma$  — уд. вес газа (по воздуху);

$H$  — глубина скважины (до кровли пласта), м.

Более точная формула для подсчета забойного давления с учетом уплотнения газа от собственного веса имеет вид:

$$P_{заб} = P_m \cdot e^{1293 \cdot 10^{-9} \cdot H \cdot \gamma}, \quad (89)$$

где  $H$  — глубина скважины, см;

$e$  — основание натуральных логарифмов.

Помимо этого, надо учитывать остаточное давление в недрах, когда давление на устье скважин упадет до 1 ат; в этом случае

$$P_{ост} = e^{1293 \cdot 10^{-9} \cdot H \cdot \gamma}, \quad (90)$$

Поправки на отклонение (сверхсжимаемость) углеводородных газов —  $\alpha$  и  $\alpha_1$  для соответствующих давлений. Эти поправки определяются по кривым сжимаемости газов  $\left(\frac{PV}{RT}\right)$  для соответствующих давлений и состава газов.

Тогда

$$\alpha = \frac{1}{\left[\frac{PV}{RT}\right]} \quad (91)$$

Можно также определить процент отклонения углеводородного газа при температуре 15° С по формуле

$$n = \frac{2,26P(m + 4e + 8p + 3c + 5,5s + 0,22a)}{1000}, \quad (92)$$

где  $n$  — процент отклонения;

$P$  — манометрическое давление, ат;

$m$  — процент метана в газе;

$e$  — " этана " ;

$p$  — " пропана " ;

$c$  — " углекислоты " ;

$s$  — " сероводорода " ;

$a$  — " воздуха " .

Отклонение для азота от закона Бойля-Мариотта настолько мало, что его обычно не принимают во внимание; зная величину  $n$ , определяем поправку по соотношению

$$\alpha = 1 + \frac{n}{100}. \quad (93)$$

При высоком содержании тяжелых углеводородов и при давлениях больше 100 ат получаемые по формуле величины отклонений значительно отличаются от действительных; в этом случае приведенной выше формулой пользоваться не следует и рекомендуется определять сжимаемость газа опытным путем в лаборатории.

Поправка на температуру ( $f$ ) определяется по соотношению (для приведения запасов газа к стандартной температуре  $t_{cm} = 20^\circ \text{C}$ )

$$f = \frac{T + t_{cm}}{T + t_{na}}, \quad (94)$$

где  $t_{na}$  — пластовая температура;  
 $T$  — абсолютная температура.

Коэффициент отдачи ( $K$ ) для газовых месторождений обычно принимается равным 0,9.

Следует принимать  $K = 0,9$  для залежей газа с газовым режимом и 0,8 для залежей с водонапорным режимом.

## 2. Метод по падению давлений

При подсчете запасов газа в этом случае используются те же параметры, которые были указаны выше, а именно средние пластовые давления на выбранные даты наблюдения ( $P_1$  и  $P_2$ ) и остаточное давление  $P_{ост}$ . Методы их определения, а также поправок на сверхсжимаемость газов аналогичны вышеуказанному.

При всякого рода расчетах необходимо учитывать физические свойства углеводородных газов, приведенные в табл. 17.

Физические свойства углеводородных (и некоторых других) газов при 760 мм рт. ст. и 15,5° С

Качественная характеристика	Обозначения	Метан СН <sub>4</sub>	Этан С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	Пропан С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	Изобутан С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	Нормальный бутан С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	Изопентан С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>	Нормальный пентан С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>	Гексан С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub>	Гептан С <sub>7</sub> Н <sub>16</sub>	Н <sub>2</sub>	СО <sub>2</sub>
Молекулярный вес . . . . .	M	16,04	30,07	44,10	58,12	58,12	72,15	72,15	86,17	100,2	28,02	44,01
Обратная величина . . . . .	1/M	0,0623	0,0333	0,0227	0,0172	0,0172	0,0139	0,0139	0,0116	0,00998	—	—
Удельный вес по воде (вес 1 л в жидкой фазе в кг) . . . . .	γ	0,3	0,378	0,509	0,564	0,584	0,624	0,631	0,664	0,688	0,808	1,56
Отношение молекулярного веса к удельному весу	$\frac{M}{\gamma}$	53,46	79,54	86,67	103,0	99,5	115,7	114,4	129,8	145,6		
Отношение удельного веса к молекулярному . . . . .	$\frac{\gamma}{M}$	0,0187	0,0126	0,0116	0,0097	0,01	0,00867	0,00877	0,0077	0,00686		
Объем 1 кг газа в м <sup>3</sup>	$\frac{23,7}{M}$	1,48	0,79	0,538	0,407	0,407	0,336	0,336	0,275	0,236	0,847	0,538
Удельный вес по воздуху . . . . .	$\frac{M}{28,97}$	0,554	1,038	1,522	2,006	2,006	2,49	2,49	2,974	3,459	0,967	1,519
Вас 1 м <sup>3</sup> газа в кг . . . . .	$\frac{M}{23,7}$	0,667	1,27	1,86	2,47	2,47	3,04	3,04	3,62	4,23	1,183	1,858
Объем 1 м <sup>3</sup> газа в жидкой фазе в л . . . . .	$\frac{0,0422M}{\gamma}$	2,26	3,36	3,66	4,36	4,2	4,9	4,85	5,49	6,15		1,19
Объем 1 л жидкого газа в газовой фазе в м <sup>3</sup>	$\frac{23,65\gamma}{M}$	0,442	0,29	0,272	0,23	0,236	0,205	0,207	0,182	0,1625		
Критическая температура . . . . .	t°С	-82,5	+32,28	96,78	134	152	187,78	197,2	234,78	267	-147	+31,1

### ГЛАВА III

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

При решении задач использования подземных вод или борьбы с ними приходится решать вопрос о количествах их.

Наиболее важны следующие понятия: 1) объем воды в водоносном горизонте (зоне); 2) расход подземного потока; 3) расход, который может быть получен из водоносного горизонта (зоны) при помощи каптажных сооружений.

Объем подземных вод обычно выражают в  $m^3$ , а расход их в  $л/сек$ ,  $л/час$ ,  $m^3/сутки$ ,  $л/сутки$ ,  $m^3/год$ .

Термины для понятий о количестве подземных вод различными авторами иногда даются различные; ниже приводится объяснение терминов, которые будут приняты в этой книге.

В водоносном горизонте целесообразно различать объем воды двух видов. Объем гравитационной воды в безнапорных водоносных горизонтах ниже зоны колебаний уровней и весь такой объем в напорных водах будем называть *вековыми запасами* подземных вод (их называют также статическими), а объем гравитационной воды в зоне колебаний безнапорных вод — *регулируемыми запасами*. Величина вековых запасов в естественных условиях изменяется медленно под влиянием геологических процессов. Регулируемые же запасы испытывают сезонные и многолетние колебания; эти запасы регулируют расход подземных вод. Знание регулировочных запасов в ряде случаев позволяет приближенно подсчитать расход подземного потока и эксплуатационные запасы водоносного горизонта.

*Расход подземного потока* определяется количеством подземной воды, проходящей через сечение (или его часть) водоносного горизонта, нормальное к направлению движения подземных вод. На различных участках водоносного горизонта и в различное время расход подземного потока чаще бывает различным. Этому понятию (расход подземного потока) некоторые авторы присваивают названия — динамические запасы, естественные динамические запасы и другие термины.

Расход же подземных вод, который может быть получен из водоносных горизонтов, с учетом рациональных технико-экономических условий (конструкции каптажных сооружений, их размещения, водоподъемников, экономических показателей и проч.) без ухудшения эксплуатационного режима и качества воды в течение расчетного срока работы каптажного сооружения будем называть *эксплуатационными запасами* подземных вод.

При оценке эксплуатационных запасов подземных вод следует рассматривать не только их количество, но и качество, так как не всякая вода пригодна для использования, в особенности, если иметь в виду различное назначение использования подземных вод: для водоснабжения

(хозяйственно-питьевого, промышленного, для водопоя скота), орошения, промышленного использования (как сырье с целью извлечения различных веществ) и лечебных целей. Необходимо учитывать, что при эксплуатации подземных вод в некоторых случаях состав последних может сильно измениться. Однако в ряде случаев можно заранее предусмотреть санитарные и технические охраняемые мероприятия, чтобы не допустить изменения состава подземных вод в нежелательном направлении.

Эксплуатационные запасы подземных вод в первую очередь зависят от гидрогеологических условий. Различная водообильность отдельных участков водоносных горизонтов, глубина залегания водоносных слоев, уровни подземных вод, а также качество последних создают различные технико-экономические условия получения подземных вод, могут влиять на величину эксплуатационных запасов.

В связи с отмеченными выше условиями приходится определять эксплуатационные запасы подземных вод не только для отдельных водоносных горизонтов, но и для отдельных участков водоносных горизонтов.

Конструкция водозаборов подземных вод также влияет на величину эксплуатационных запасов.

Гидрогеологические условия в течение года, а также в течение ряда лет изменяются главным образом в зависимости от условий питания водоносных горизонтов. В связи с этим изменяются уровни подземных вод, расходы подземных потоков, дебиты источников и другие гидрогеологические показатели, оказывающие влияние на изменение эксплуатационных запасов. Следовательно, под влиянием естественных условий, в основном питания водоносных горизонтов, изменяется величина эксплуатационных запасов.

Следует также учитывать, что можно искусственно влиять на условия питания водоносных горизонтов и надлежащими мероприятиями повышать величину эксплуатационных запасов.

Таким образом, эксплуатационные запасы подземных вод зависят от гидрогеологических условий, от влияния эксплуатации на режим подземных вод, от размещения и конструкции водозаборов и могут изменяться во времени. Величина эксплуатационных запасов, как это будет видно из дальнейшего изложения, может быть больше, равна или меньше расхода подземного потока в его естественном состоянии.

Рассмотренные выше понятия — регулировочные запасы, вековые запасы, расход подземного потока и эксплуатационные запасы можно объединить общим термином «запасы подземных вод».

При подсчете запасов подземных вод необходимо иметь данные по ряду гидрогеологических параметров или показателей.

Некоторые показатели получают непосредственно в результате полевых наблюдений, например о положении уровней воды, пластовом давлении, пьезометрическом уклоне, глубине верха и подошвы водоносного слоя, его мощности и пр.

Другие показатели, например данные о составе воды, о пористости пород и пр., получают в результате лабораторных анализов. Ряд важнейших показателей, а именно, коэффициенты фильтрации, проницаемости, эффективной просветности, водоотдачи и др., определяются в результате вычислений по данным опытных полевых работ или лабораторных работ.

Некоторые показатели приближенно определяются в результате геофизических исследований.

Рассмотрим определение некоторых гидрогеологических показателей.

**Коэффициент фильтрации и коэффициент проницаемости.** Одним из основных показателей при гидрогеологических расчетах являются

коэффициенты фильтрации ( $K$ ) и проницаемости ( $K_n$ ). Они характеризуют пропускную способность водоносного слоя и имеют размерность:  $K$  — м/сутки и см/сек и  $K_n$  — см<sup>2</sup>; для системы смешанных единиц  $K_n$  выражается в единицах дарси ( $d$ ). За единицу дарси принимается проницаемость, когда через поперечное сечение в 1 см<sup>2</sup> при перепаде давления в 1 физическую атмосферу\* на длине в 1 см получается расход жидкости в 1 см<sup>3</sup>/сек при вязкости ее 1 сантипуаз. Если вместо перепада давления в атмосферах взять  $\frac{\text{дина}}{\text{см}^2}$  и вместо сантипуаза — пуаз, то получим проницаемость в физических мерах единиц (см<sup>2</sup>).

Вместо дарси часто берут миллидарси (0,001  $d$ ). Зависимость между коэффициентами фильтрации и проницаемости дается в следующей формуле:

$$K = K_n \frac{d}{\mu} = K_n \frac{g}{\nu}, \quad (95)$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации, см/сек;  
 $K_n$  — коэффициент проницаемости, см<sup>2</sup>;  
 $d$  — объемный вес воды  $\frac{g(m)^{**}}{\text{см}^3 \cdot \text{сек}^2}$  (или  $\frac{\text{дина}}{\text{см}^3}$ );  
 $\mu$  — динамический коэффициент вязкости  $\frac{g(m)}{\text{см} \cdot \text{сек}}$  или  $\frac{\text{дина} \cdot \text{сек}}{\text{см}^2}$  (пуаз);  
 $g$  — ускорение силы тяжести (см/сек<sup>2</sup>);  
 $\nu$  — кинематический коэффициент вязкости, см<sup>2</sup>/сек (стокс).

Объемный вес воды, а также динамический и кинематический коэффициент вязкости следует принимать с учетом минерализации, температуры и давления из опытных определений и по данным справочников.

Для перехода от коэффициентов фильтрации и проницаемости в физических единицах ( $K_n$ ) к коэффициенту проницаемости в смешанных единицах (дарси  $K_d$ ) можно пользоваться следующими формулами:

$$K_n = 1.02 \cdot 10^{-8} K_d, \quad (96)$$

$$K = 10^{-5} \cdot \frac{K_d}{\nu}, \quad (97)$$

где  $K_n$  — коэффициент проницаемости, см<sup>2</sup>;  
 $K$  — коэффициент фильтрации, см/сек;  
 $K_d$  — коэффициент проницаемости, дарси;  
 $\nu$  — кинематический коэффициент вязкости, см<sup>2</sup>/сек.

Величина коэффициента фильтрации зависит от температуры и рода жидкости, а величина коэффициента проницаемости не зависит от рода жидкости, но при условии отсутствия физико-химического взаимодействия между жидкостью и пористой средой и при полном заполнении пор среды газом или жидкостью. Такая проницаемость называется абсолютной, или физической, в отличие от эффективной, при которой имеется физико-химическое взаимодействие между жидкостью и пористой средой. Если взять газ, по возможности химически инертный, то физико-химическое взаимодействие его с пористой средой будет минимальным, так как адсорбционно-поверхностные явления будут незначительны. В связи с этим обычно в качестве основного параметра, характеризующего физическую (абсолютную) проницаемость породы, принимают газопроницаемость и, в частности, воздухопроницаемость.

Физико-химическое взаимодействие нефти, рассолов и даже пресной воды со средой развивается во времени и тогда изменяется эффективная проницаемость. Например, при пропускании нефти и воды через глинистые породы коэффициент проницаемости убывает во времени.

\* Некоторые авторы принимают не физическую, а техническую атмосферу.

\*\*  $g(m)$  — грамм-масса.

Средние значения коэффициентов фильтрации (для пресной воды при  $T = 20^\circ \text{C}$ ) и коэффициентов проницаемости

Группы	Характеристика пород	Коэффициент фильтрации — $K$ (для воды)		Коэффициент проницаемости
		в суммах	св. тек.	
I	Очень хорошо проницаемые—галечники и гравий с крупным песком, сильно закарстованные известняки и сильно трещиноватые породы.	100—1000 и более	1,16—0,12	$1,2 \cdot 10^{-5}$ — $1,2 \cdot 10^{-6}$
II	Хорошо проницаемые—галечники и гравий частично с мелким песком, крупный песок, чистый среднезернистый песок, закарстованные и трещиноватые породы и др.	100—10	0,12—0,012	$1,2 \cdot 10^{-6}$ — $1,2 \cdot 10^{-7}$
III	Проницаемые—галечники и гравий, засоренные мелким песком и частично галкой, среднезернистые и мелкозернистые пески, слабо закарстованные и малотрещиноватые породы и др.	10—1	0,012—0,0012	$1,2 \cdot 10^{-7}$ — $1,2 \cdot 10^{-8}$
IV	Слабопроницаемые—тонкозернистые пески, супеси, слаботрещиноватые породы	1—0,1	$1,2 \cdot 10^{-3}$ — $1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$ — $1,2 \cdot 10^{-9}$
V	Весьма слабопроницаемые — суглинки, очень слабо трещиноватые породы	0,1—0,001	$1,2 \cdot 10^{-4}$ — $1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$ — $1,2 \cdot 10^{-10}$
VI	Почти непроницаемые—глины, плотные мергели и другие массивные породы с ничтожной проницаемостью	<0,001	< $1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-11}$ — $1,2 \cdot 10^{-12}$

Для представления о величинах коэффициентов фильтрации и проницаемости, а также для ориентировочных расчетов, в таблице 18 приведены некоторые средние величины этих коэффициентов, наблюдаемые в природных условиях.

При наличии структурной пористости проницаемость суглинков и глин значительно повышается.

При пресных подземных водах, используемых для водоснабжения и орошения, чаще приходится встречаться с II и III группами по проницаемости водоносных пород; I группа очень хорошо проницаемых пород встречается реже. Использование подземных пресных вод для водоснабжения и орошения из водоносных горизонтов, сложенных породами проницаемостью меньше 1 м/сутки, наблюдается редко и лишь при очень небольших потребностях, так как в этом случае дебиты каптажных сооружений малы. Глубокие подземные рассолы (и нефтеносные горизонты) чаще приурочены к породам IV и V групп с проницаемостью от 1 дарси до 1 миллиардари; реже рассолы и нефть встречаются в более проницаемых породах. При эксплуатации рассолов обычно используются водоносные горизонты, сложенные породами с проницаемостью не меньше 0,1 дарси.

Определение коэффициентов фильтрации водоносных слоев, а также их проницаемости производится тремя методами: 1) подсчетами по соответствующим формулам движения воды к скважинам и шахтным колодцам при откачке из последних (метод откачек); 2) лабораторным путем в приборах (лабораторный метод); 3) вычислением на основании данных механического состава рыхлых пород (метод подсчета по механическому составу рыхлой породы).

Второй и третий методы пригодны только для рыхлых пород. Для массивных сцементированных и связанных пород может быть использован второй метод при условии определения коэффициента фильтрации на монолитах. Для валунно-галечниковых пород второй и третий методы практически непригодны.

При втором методе исследований очень важно сохранение структуры и уплотненности породы, в особенности для супесей, суглинков, глин и пород. Нарушение структуры и уплотненности пород влечет за собой изменение величины коэффициента фильтрации и проницаемости.

Для неглинистых и неилистых пород коэффициент проницаемости для воздуха немного больше, чем для воды и керосина, и примерно в 1,5—10 раз больше, чем для нефти. При наличии глинистых и илистых частиц это соотношение становится больше и достигает 500 и более.

Расчеты и определения коэффициентов фильтрации и проницаемости изложены в соответствующих работах: по методу откачек в работах Г. Н. Каменского [1943], Н. К. Гириного [1950], В. Н. Щелкачева [1948] и др.; определение этих коэффициентов лабораторным методом и подсчетом по механическому составу рыхлой породы приводится в работах К. Г. Оркина и П. К. Кучинского [1955], Е. Г. Чаповского [1945], В. Д. Ломтадзе [1952] и др. Лабораторное определение газопроницаемости производится стандартным методом на приборе ЛП (Методы исследования зерна, 1948).

**Коэффициенты пористости.** Для ряда гидрогеологических расчетов требуются данные по коэффициентам общей пористости, эффективной пористости (которую обычно считают эквивалентной водоотдаче) и по недостатку насыщения.

Под *общей пористостью* подразумевается пористость, характеризующая общим объемом пустот в породе. Отношение величины этих пустот к общему объему, занимаемому породой, называется коэффициентом общей пористости или просто *коэффициентом пористости (P)*. Отношение объема пор, занятых движущейся жидкостью, к общему

объему пор, называют коэффициентом эффективной пористости ( $m$ ). При расчетах заполнения породы водой, например во время подъема уровня грунтовых вод, важной расчетной величиной является коэффициент недостатка насыщения ( $m_n$ ), который определяется как разность между коэффициентом общей пористости ( $P$ ) и коэффициентом естественной влажности ( $m_e$ ), а последний получается делением объема воды, находящейся в данных условиях в породе, на полный объем породы. Следует помнить, что в связи с капиллярными свойствами, а также и другими условиями, величина коэффициента недостатка насыщения на различной высоте от зеркала грунтовых вод изменяется.

Величина коэффициентов общей и эффективной пористости и недостатка насыщения широко изменяется, примерно в пределах от 0,005 до 0,5, в зависимости от породы и условий ее залегания. Так, в молодых по возрасту глинистых породах  $P$  доходит до 0,5 и более, а в плотных древних глинистых породах на больших глубинах  $P$  уменьшается до 0,006 и менее. В плотных известняках и доломитах  $P$  составляет 0,006—0,025, а в трещиноватых и кавернозных известняках и доломитах  $P$  достигает 0,30 и более. В песках, в зависимости от неоднородности их состава, наличия глинистых и илистых частиц, а также уплотнения величина  $P$  колеблется примерно от 0,005 до 0,5. Коэффициент общей пористости определяется лабораторным путем по образцам, полученным с ненарушенной структурой для связанных пород и по возможности для рыхлых пород [Оркин и Кучинский, 1955; Чаповский, 1945; Ломтадзе, 1952 и др.], а также приближенно по данным электрокаротажа.

Теоретическая эффективная пористость ( $m$ ) для рыхлой породы, состоящей из шаров, при ламинарном обтекании жидкости вокруг этих шаров составляет по Л. С. Лейбензону [1947] 0,63—0,87 от общей пористости.

Величина коэффициента эффективной пористости зависит от напорного градиента (или скорости фильтрации). Определение коэффициента эффективной пористости по кернам производится лабораторными методами [Методы исследования кернов, 1948].

Для пластов, насыщенных жидкостью, коэффициент эффективной пористости можно определять методом откачек, для чего нужно иметь одну центральную (возбуждающую) скважину и одну наблюдательную скважину [Плотников, 1955].

Для расчетов движения воды используется активная или эффективная просветность, коэффициент которой ( $\delta$ ) принимается равной эффективной пористости.

**Коэффициент водоотдачи.** Коэффициент водоотдачи достаточно приближенно определяется лабораторным анализом, как разница между полной пористостью и максимально молекулярной пористостью, а также методом стекания воды. При определении коэффициента водоотдачи последним методом следует учитывать, что водоотдача во времени увеличивается. Так, для песков с эффективным диаметром 0,083 мм при коэффициенте пористости 0,397 коэффициент водоотдачи был через 1 час — 0,022, через 9 суток — 0,112 и через 2,5 года 0,155.

Для ориентировочной оценки коэффициента водоотдачи песков (без значительного количества глинистых и илистых частиц) величину его можно принимать при плотной упаковке от 0,10 до 0,25 и при рыхлой упаковке от 0,15 до 0,30; большие значения соответствуют крупнозернистым пескам.

**Напорный градиент.** При определении расхода подземного потока одним из основных параметров является пьезометрический уклон, или напорный градиент, который представляет собою разность между потенциальными энергиями (в м) в двух сечениях вдоль потока, отне-

сенную к единице длины потока; это определение будет достаточно строгим для однородной жидкости и однородной породы. Обычно для подземных вод не учитывается атмосферное давление над уровнем воды. Принимая жидкость несжимаемой, пьезометрический уклон определяют как разность пьезометрических напоров в двух сечениях вдоль потока, отнесенную к единице длины между ними; при этом за плоскость сравнения обычно принимают уровень моря и тогда пьезометрический напор выражается в абсолютных отметках уровня жидкости и, в частности, подземной воды.

Более строго следовало бы учитывать, кроме разности потенциальных энергий в сечениях, разность кинетических энергий в этих сечениях. В этом случае получился бы гидравлический уклон, но так как скорости подземных вод незначительны, то при относительно небольших скоростных напорах, особенно при небольшой величине разности последних, их не учитывают. Для равномерного движения разность скоростных напоров будет равна нулю; гидравлический уклон по величине равняется пьезометрическому. Поэтому для подземных вод пьезометрический уклон часто называют гидравлическим.

При малых пьезометрических уклонах, т. е. когда они составляют стотысячные и меньшие величины, необходимо обязательно учитывать атмосферное давление в различных точках и определять не пьезометрический, а гидростатический напор. При объемном весе воды, равном единице, принимая за плоскость сравнения уровень моря, гидростатический напор можно определить по формуле

$$H_z = A + 0,0136P_a, \quad (98)$$

где  $H_z$  — гидростатический напор, *м*;

$A$  — абсолютная отметка статического уровня, *м*;

$P_a$  — атмосферное давление у статического уровня, *мм* рт. ст.

Если в разных сечениях жидкость находится на существенно различной глубине, нужно учитывать сжимаемость жидкости. В случае, если объемный вес жидкости изменяется в разных сечениях, учитывается и это обстоятельство. Для определения пьезометрического уклона в обоих случаях следует определять приведенный пьезометрический напор. За плоскость сравнения проще принимать плоскость раздела жидкостей с разными объемными весами. При непрерывном изменении объемного веса плоскость сравнения принимается приближенно. Однако за плоскость сравнения можно принимать также любую плоскость и, в частности, уровень моря, но в этом случае для расчета приведенных уровней необходимо учитывать изменение объемных весов жидкости от глубокой части водоносного горизонта до фактически наблюдаемых уровней [Плотников, 1959].

Пьезометрический (гидравлический) уклон можно определять по гидронизогипсам, или изопьезам, и по трем скважинам, расположенным по вершинам треугольника. Для принимаемой точности определения пьезометрического уклона расстояние между точками вдоль потока подземных вод, где рассчитывается пьезометрический напор, вычисляется по формуле

$$L = \left[ \frac{b \pm \sqrt{b^2 + 56 \cdot 4cl a}}{20cl} \right]^2, \quad (99)$$

где  $L$  — расстояние между точками, *км*;

$b$  — точность нивелировки (предельная случайная ошибка на 1 *км* линии), *мм* (для III класса  $\pm 8$  *мм*, для IV класса  $\pm 15$  *мм*);

$c$  — ошибка определения уклона, %;

$I$  — уклон, в тысячных;

$a$  — точность отсчета уровня воды, *мм* (обычно не меньше 10—20 *мм*).

Действительная скорость подземных вод. При определении расхода подземного потока пользуются, в частности, действительной скоростью подземных вод ( $V_d$ ), которая определяется полевыми методами, основанными на наблюдениях за временем прохождения различных индикаторов (поваренная соль, красящие вещества и др.) между двумя скважинами вдоль потока. Действительная скорость вычисляется по формуле

$$V_d = \frac{l}{t}, \quad (100)$$

где  $l$  — длина пути;  
 $t$  — время,

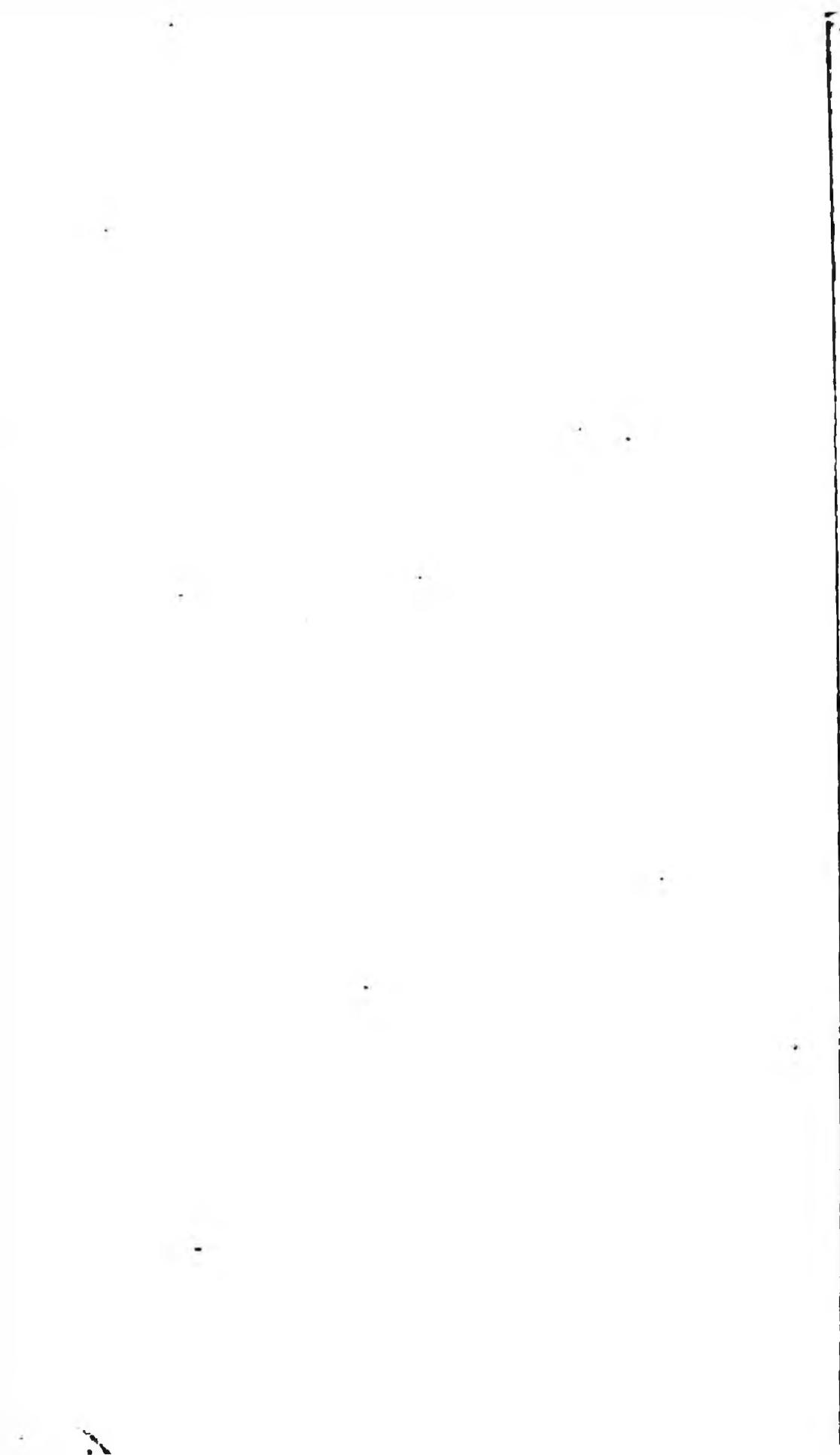
а также геофизическим методом заряженного тела по одной скважине.

Определение действительной скорости экономически пригодно для неглубоко залегающих подземных вод.

---

ЧАСТЬ II

ОКОНТУРИВАНИЕ ТЕЛ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  
ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ



## ГЛАВА IV

### ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К МИНЕРАЛЬНОМУ СЫРЬЮ (КОНДИЦИИ)

Для оконтуривания промышленных участков тел полезных ископаемых и подсчета запасов минерального сырья необходимо знать требования промышленности к качеству минерального сырья или, как иногда говорят, промышленные кондиции сырья, обоснованные технико-экономическими расчетами и предусматривающие в общем случае следующие основные показатели.

1. Минимальное промышленное содержание полезного компонента в минеральном сырье, при котором сырье используется промышленностью. В случае паличия нескольких равноценных или попутно извлекаемых полезных компонентов кондиции устанавливаются с учетом комплексного использования минерального сырья.

2. Бортовое содержание, т. е. содержание полезного компонента в крайних (бортовых) пробах, которые целесообразно включать в промышленный контур. Величина бортового содержания зависит от минимального промышленного содержания.

3. Минимальная промышленная мощность тел полезных ископаемых, при которой они могут самостоятельно обрабатываться. Для маломощных, но богатых тел — значение произведений величины мощности на содержание, т. е. метропроцент, а для месторождений золота и платины — метрограмм.

4. Минимальная мощность безрудных прослоев и участков по простиранию тел полезных ископаемых, которые в зависимости от намеченной системы отработки могут быть оставлены в целиках или отработаны селективно. Эту величину часто заменяют величиной максимальной мощности безрудных прослоев или участков, которые при подсчете запасов следует включать в общий контур промышленного минерального сырья.

В случае необходимости кондициями предусматриваются специальные показатели, к которым относятся: а) при открытых работах — глубина возможной отработки и отношение мощности вскрыши к мощности тела полезного ископаемого; б) при залегании тел в виде разобленных мелких линз и гнезд — минимальные запасы отдельных изолированных тел, которые могут быть отработаны отдельно; в) минимальный коэффициент рудоносности, при котором отработка месторождения целесообразна; г) максимальное содержание вредных примесей; д) соотношение составляющих минеральное сырье компонентов (например, модуль для бокситов) и некоторые другие.

Для угольных месторождений, например, предусматриваются следующие требования:

1. Предельно допустимая минимальная мощность отдельных угольных пачек, имеющих самостоятельное значение при разработке (т. е. минимальная рабочая мощность).

2. Предельно допустимая минимальная мощность угольных пачек, не имеющих самостоятельного значения, но сближенных с другими рабочими или нерабочими пачками.

3. Предельно допустимое максимальное отношение в рабочей части пласта породы и угля или допустимое отношение мощностей прослоев породы к мощностям угольных пачек.

4. Наибольшая предельно допустимая зольность пачек угля, залегающих в кровле или почве пласта. При этом высокозольные угольные пачки, залегающие в средней части рабочего слоя пласта, включаются в расчет полезной мощности, так как их раздельная добыча невозможна.

Использование метропроцента при оконтуривании рудных тел без внесения каких-либо поправок можно признать правильным, если вмещающие породы являются полностью безрудными, а селективная отработка или рудоразборка при эксплуатации месторождения невозможна. Когда возможно применение рудоразборки или селективной отработки, а также когда во вмещающих породах содержится некоторое количество полезного компонента, метропроцент получается завышенным и величину его необходимо корректировать. Это обстоятельство хорошо показано в работе А. В. Лезникого [1947] и подтверждается заимствованными из его работы примерами (рис. 70 и 71).

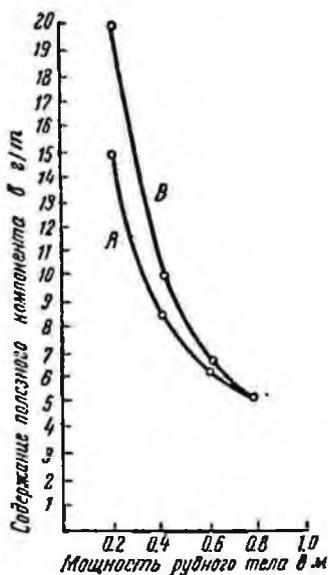


Рис. 70. Зависимость минимального промышленного содержания золота от мощности жилы при отсутствии золота в боковых породах

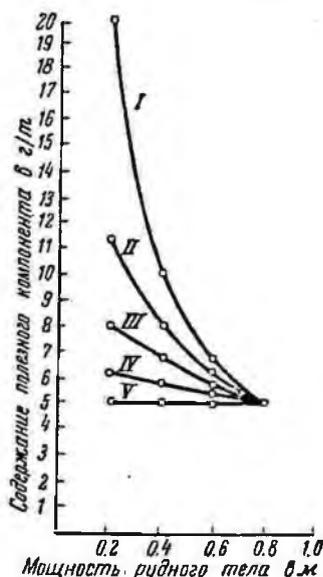


Рис. 71. Зависимость минимального промышленного содержания золота от мощности жилы и степени обогащения боковых пород

На рис. 70 показана зависимость минимально-промышленного содержания полезного компонента от мощности жильного тела при отсутствии полезного компонента во вмещающих породах. При этом кривая А указывает зависимость минимально-промышленного содержания от мощности рудного тела при условии применения сортировки руды на поверхности, а кривая В — при отсутствии сортировки.

На рис. 71 приведена зависимость минимально-промышленного содержания полезного компонента от мощности рудной жилы при условии обогащения вмещающих пород полезным компонентом. При этом кривая I показывает зависимость минимально-промышленного содержания полезного компонента от мощности жильного тела при условии,

когда содержание компонента в боковых породах равно нулю, и эта кривая фактически соответствует кривой В на рис. 70. Кривая II, отражает зависимость содержания полезного компонента от мощности при условии содержания компонента (в данном случае золота) в боковых породах, равного 0,25 от содержания его в рудном теле. Кривые III, IV и V отражают зависимость минимально-промышленного содержания от мощности при содержании полезного компонента в боковых породах, равного соответственно 0,5, 0,75 и 1,0 от содержания его в рудном теле.

Анализ кривых подтверждает, что когда невозможна рудоразборка, т. е. когда вся руда поступает на фабрику, а боковые породы не содержат полезного компонента, возможно непосредственное использование значения метропроцента для оконтуривания рудных тел. В тех же случаях, когда боковые породы несут в себе заметное оруденение и возможна сортировка руды или ее селективная отработка, минимальное промышленное содержание может быть принято ниже, по сравнению с содержанием, принимаемым при определении метропроцента.

Определение кондиций возложено на Госплан СССР, который устанавливает их при наличии некоторого объема проведенных разведочных работ. При подсчете запасов установленные кондиции принимаются как постоянные величины и отклонения от них не допускаются. Контроль за правильностью установленных кондиций осуществляется ГКЗ при утверждении запасов.

На многие виды минерального сырья разработаны ГОСТ, которые принимаются в обоснование подсчета запасов (бокситы и др.); в этих случаях кондиции требуются на горнотехнические условия.

Наличие четких границ между телом полезного ископаемого и вмещающими породами (жилы, пласты) при совпадении контуров промышленной части тела с его геологическими контурами дает возможность легко и правильно оконтурить кондиционное минеральное сырье. Оконтуривание промышленной части тел на месторождениях, не имеющих четких границ между кондиционным сырьем и вмещающими породами (вкрапленные руды, штокверки, россыпи), часто связано с большими трудностями. В последнем случае оконтуривание обычно производится на основании данных опробования по бортовому содержанию полезного компонента, которое определяется для каждого месторождения отдельно.

Если минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде предопределяется в основном экономическими факторами, то возможность получения на том или ином месторождении руды с содержанием полезного компонента не ниже установленного часто зависит от геологических особенностей месторождения, характера распределения полезного компонента, минералогического состава руды и пр.

Единого толкования понятий «минимальное промышленное содержание» и «бортное содержание компонента в руде» нет, и нередки случаи, когда неправильное толкование этих терминов приводит к неправильному оконтуриванию рудных тел и неверной промышленной их оценке.

В недалеком прошлом бортовым содержанием интересовались только при оконтуривании промышленной части россыпей золота. В настоящее время промышленностью осваиваются все новые и новые типы руд различных металлов и, в частности, широко используются вкрапленные руды, отличительной особенностью которых является отсутствие четких контактов с вмещающими породами. Поэтому теперь о бортовом и минимальном промышленном содержании полезного компонента говорят как о понятиях, относящихся не только к россыпным, но также и ко многим коренным месторождениям.

Для рудных месторождений под минимальным промышленным содержанием следует понимать такое содержание полезного компонента в руде, при котором разработка месторождений (участка, блока) является целесообразной. Минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде есть величина переменная для различных месторождений, а иногда и для одного и того же месторождения, и зависит главным образом от технико-экономических факторов.

Верхний предел содержания полезного компонента в руде не может быть ограничен — присутствие более богатых руд всегда представляет собой положительное явление. Однако при наличии вредных примесей приходится иметь дело именно с верхним пределом содержания их в руде, и в этих случаях, естественно, должны быть изменены все расчеты и расценки.

Бортовое содержание следует понимать как нижний предел содержания полезного компонента в крайних пробах, при котором эти пробы включаются в подсчетный контур промышленной (балансовой) руды при условии получения среднего содержания по подсчетным блокам не ниже минимального промышленного. Величина бортового содержания зависит от принятого минимального промышленного содержания, установленного для данного месторождения, и от характера распределения полезного компонента в руде на данном участке. Поэтому при определении бортового содержания следует исходить из минимального промышленного, установленного для данного месторождения. Нижний предел содержания в пробе, в общем случае, может не быть единым для месторождения в целом. Более того, он может меняться для соседних блоков или выработок и определяться для каждого конкретного случая отдельно.

Определение минимального промышленного содержания и бортового содержания требует сложных технико-экономических расчетов и обычно выполняется проектными институтами или техническими управлениями.

Технико-экономические расчеты по определению минимального промышленного содержания для действующих предприятий должны опираться на фактический материал, а для вновь разведанных месторождений возможны только предположительные расчеты, основанные на ориентировочных данных. Особую осторожность следует соблюдать при расчетах для месторождений, в рудах которых содержание полезного компонента находится на грани кондиций: при допущении ошибок в расчетах такие месторождения могут быть либо незаслуженно зачислены в группу промышленных, либо ошибочно отнесены за баланс.

Минимальное промышленное содержание полезных компонентов в руде для вновь разведанного месторождения определяется следующими основными данными:

- 1) процентом извлечения металлов (полезных компонентов) из руды при современном уровне техники извлечения;
- 2) производительностью предприятий, трудоемкостью технологического процесса и зависящей от этого стоимостью добычи руды, ее транспортировки и передела;
- 3) объемом капиталовложений в проектируемое предприятие (фабрику, шахтное хозяйство и пр.);
- 4) количеством разведанных запасов на месторождении и обеспеченностью нового предприятия этими запасами;
- 5) отпускными ценами на готовую продукцию рудника (концентрат и др.).

В рассматриваемом ниже примере руды содержат два полезных компонента: «а» и «б».

Исходные данные для расчета сводятся к следующему (без подробных вычислений приводятся лишь конечные их результаты):

1) коэффициент извлечения из руды для компонента «а» составляет 60%, для компонента «б» — 70%;

2) отпускная стоимость 50%-ного концентрата компонента «а» составляет 5000 руб., отпускная стоимость 60%-ного концентрата компонента «б» — 3600 руб. за тонну;

3) разведанные запасы месторождения по категориям  $A_2 + B + C_1$  составляют 3,6 млн. т руды.

Объем капиталовложений и обеспеченность предприятия запасами в зависимости от производительности предприятия выражаются следующими цифрами:

Производительность рудника, т/сутки . . . . .	100	300	500	1000
Обеспеченность запасами (с учетом потерь) в годах	90	30	20	10
Объем капиталовложений, млн. руб. . . . .	15	30	40	50

Затраты на 1 т руды, также зависящие от производительности предприятия, приведены в табл. 19.

Таблица 19

Элементы затрат	Затраты на 1 т руды в руб. (при производительности предприятия)			
	100 т/сутки	300 т/сутки	500 т/сутки	1000 т/сутки
Добыча руды	75	52	50	40
Переработка на фабрике	60	40	30	25
Транспортировка	10	3	2	1,5
Амортизация (принятый срок — 20 лет)	20	15	11	7
<b>Итого . . . . .</b>	<b>165</b>	<b>110</b>	<b>93</b>	<b>73,5</b>

Из приведенных данных видно, что наименьшая сумма затрат падает на 1 т руды при производительности предприятия в 1000 т/сутки. Однако в этом случае обеспеченность предприятия рудой выражается всего 7 годами. Поэтому целесообразнее принять вариант с производительностью предприятия 500 т, при которой затраты на 1 т руды составляют 93 руб. В этом случае стоимость извлекаемых из 1 т руды полезных компонентов не должна быть ниже 93 руб.

Если предположить, что в руде имеется только один компонент «а», то расчеты по определению минимального промышленного содержания его в руде сведутся к следующему: а) количество металла «а» в 1 т 50%-ного концентрата составляет 500 кг; б) стоимость 1 кг металла в концентрате составляет  $5000 : 500 = 10$  руб.; в) следовательно, при себестоимости 1 т руды (т. е. при сумме затрат на 1 т руды) 93 руб. количество компонента «а» в 1 т руды должно составлять  $93 : 10 = 9,3$  кг; г) отсюда содержание компонента «а» в руде определяется как  $9,3 : 1000 \times 100 = 0,9\%$ ; д) однако минимальное промышленное содержание «а» в руде должно быть принято равным  $0,9 : 60 \times 100 = 1,5\%$ , так как этот компонент извлекается из руды только в количестве 60%.

Аналогичные расчеты для компонента «б» дают минимальное промышленное содержание его в руде 2,2%.

При одновременном извлечении компонентов «а» и «б» минимальное содержание их в руде и соотношение между ними легко определить по графику, составляемому на основании специальных расчетов (рис. 72). Минимальное содержание компонентов «а» и «б» в руде при совместном их извлечении можно определять по таблице, для составления которой необходимо вычислить переводной коэффициент: содержание в руде 1,5% компонента «а» соответствует содержанию 2,2% компонента «б», следовательно, переводной коэффициент выражается числом  $2,2 : 1,5 = 1,467$ . При обратном переводе этот коэффициент будет равен  $1,5 : 2,2 = 0,682$ .

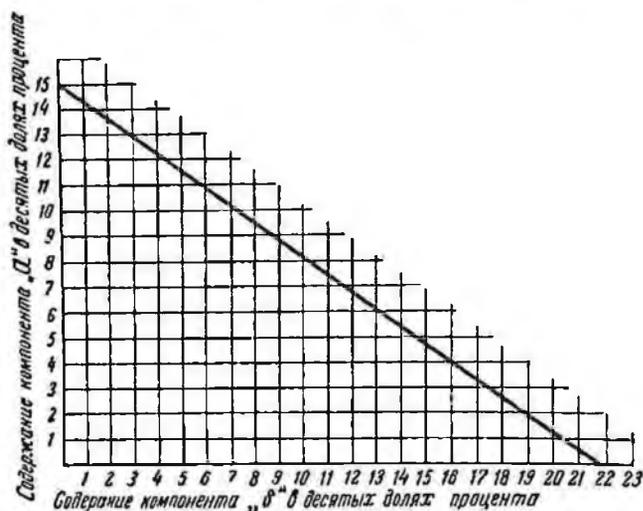


Рис. 72. Кривая зависимости содержания компонентов «а» и «б» при одновременном их извлечении

При пользовании переводными коэффициентами для попутных компонентов необходимо знать минимальное содержание этих компонентов (не ниже содержания их в хвостах), при котором они технологически извлекаются.

Приведенный расчет относится к руде, подаваемой на фабрику. В зависимости от горнотехнических условий эксплуатации для определения нижнего предела содержания компонентов в блоках или рудных телах должна быть введена поправка на разубоживание и потери.

Для определения нижнего предела содержания полезного компонента в пробе при оконтуривании тел полезных ископаемых А. П. Прокофьевым [1952] был предложен следующий способ.

В условиях неравномерного и тем более крайне неравномерного распределения полезного компонента содержание последнего резко изменяется и на небольших интервалах может значительно отклоняться от установленного минимального промышленного содержания, в отдельных случаях падая до нуля. В этих условиях задача сводится к тому, чтобы в пределах сравнительно небольшого участка месторождения или отдельного блока наметить такой контур, в пределах которого среднее содержание полезного компонента в руде отвечало бы установленному минимальному промышленному содержанию или было выше его.

Поскольку оконтуривание производится по данным химических анализов отдельных проб, необходимо знать нижний предел содержания полезного компонента в пробе, который обеспечит получение установленного минимального промышленного содержания полезного компонента в руде.

Для определения нижнего предела содержания полезного компонента в пробе используется способ, основанный на статистическом анализе данных опробования, заключающийся в следующем.

Все пробы, в зависимости от содержания в них металла, разбивают на классы и определяют количество проб, относящихся к каждому из выделенных классов. Затем умножают среднее содержание каждого класса ( $c_1, c_2, \dots, c_k$ ) на количество проб ( $n_1, n_2, \dots, n_k$ ) такого же класса (табл. 20). Если подытожить все эти произведения ( $cn$ ), относящиеся к содержанию металла выше установленного минимального промышленного значения, которое требуется иметь в рудах, то получим статистическое выражение запасов металла  $S_1$  с содержанием его в руде выше требуемого.

Таблица 20

Определение нижнего предела содержания полезного компонента в пробе

Классы содержаний, % (с)	Количество проб (n)	Нарастаю- щий итог количества проб	Произведе- ние коли- чества проб на содер- жание класса (nc)	Произведе- ние коли- чества проб на заданное среднее содержание (nc <sub>ср</sub> )	Разность (a) (nc - nc <sub>ср</sub> )	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
2,00—2,09	1	1	2,09			} S <sub>1</sub>
1,90—1,99	3	4	5,85			
1,80—1,89	1	5	1,89			
1,70—1,79	7	12	12,25			
1,60—1,69	8	20	13,20			
1,50—1,59	13	33	20,15			
1,40—1,49	23	56	33,35			
1,30—1,39	30	86	40,50			
1,20—1,29	19	105	23,75			
1,10—1,19	34	139	39,10			
1,00—1,09	33	172	34,65	36,30	1,65	} S <sub>2</sub>
0,90—0,99	40	212	38,00	44,00	6,00	
0,80—0,89	68	280	57,80	74,80	17,00	
0,70—0,79	56	336	42,00	61,60	19,60	
0,60—0,69	51	387	33,15	56,10	22,95	
0,50—0,59	77	464	42,35			
0,40—0,49	79	543	35,55			
0,30—0,39	111	654	38,85			
0,20—0,29	124	778	31,00			
0,10—0,19	154	932	23,10			
до 0,09	132	1064	6,60			

Для обеспечения заданного содержания необходимо  $S_1$  уравновесить соответствующим количеством запасов  $S_2$  с более низким содержанием металла. Однако уравновешивать следует не все запасы, а только ту часть их, которая создается содержанием полезного компонента, превышающим заданное; уравновешивать необходимо последовательно от высоких содержаний к низким, вычисляя для каждого класса проб разность между средним содержанием данного класса и заданным.

Все пробы с содержанием металла ниже содержаний, вошедших для определения  $S_2$ , должны рассматриваться как некондиционные, а за нижний предел следует принимать то минимальное содержание, которое вошло для определения  $S_2$ .

Для примера приводится расчет данных 1064 проб по одному из никелевых месторождений (см. табл. 20). Минимальное промышленное содержание металла в руде ( $c_{ср}$ ) было принято 1,1%. Исходя из этих условий,  $S_1$  будет равно 192,13, как сумма произведений  $cn$ ,

относящихся к пробам с содержанием выше установленного, т. е. от 1,1 до 2,09%. Для определения той части запаса, которая создается содержанием полезного компонента, превышающим заданное (обозначим эту часть запаса через  $a$ ), необходимо общее число проб, вошедшее в определение  $S_1$  (в примере — 139), умножить, на заданное минимальное промышленное содержание (в примере — 1,1%) и вычесть это произведение из полученной выше величины  $S_1$ :  $192,13 - 152,90 = 39,23 = a_1$ . Для определения  $S_2$  необходимо найти частные значения  $a$  каждого класса проб с содержаниями, лежащими ниже заданного. По своему характеру эти частные значения  $a$  являются той частью запаса

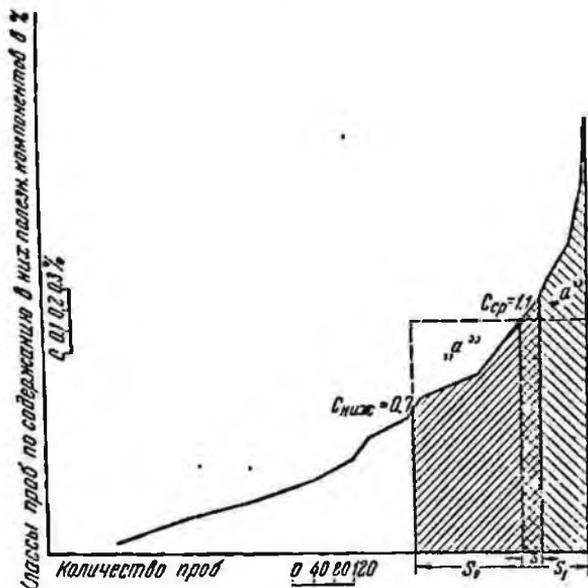


Рис. 73. График зависимости между содержанием полезного компонента в пробах и количеством проб

данного класса проб, которой как бы недостает для получения заданного содержания. Последовательно суммируя частные значения  $a$  по отдельным классам проб — от более высоких содержания к более низким, — легко убедиться, что самой близкой суммой частных значений  $a$  к общей величине  $a$ , которую требуется уравновесить (39,23), будет сумма, относящаяся к первым четырем классам и равная 44,25. Тогда будет равно 172,45. Следовательно, за нижний предел содержания полезного компонента в пробе при округлении возможно принять содержание, равное 0,7%.

При подсчете запасов бортовое содержание было принято также равным 0,7%.

Произведенные для нескольких месторождений контрольные расчеты совпадают с данными соответствующих главков или близко подходят к ним. Так, для одного из железорудных месторождений бортовое содержание железа установлено 37%, расчеты по данным 501 пробы дают 38%; по одному из участков марганцевого месторождения нижний предел содержания марганца установлен 20%, что расчетами (319 проб) подтверждается полностью.

Для некоторых месторождений представляется возможным упростить приведенные расчеты и определить  $S_2$  как сумму произведений  $sp$ , не вычисляя величины  $a$ . К таким случаям относится и приведенный выше пример.

Указанные расчеты хорошо иллюстрируются построением кривых зависимости содержания металла в пробах и количеством проб. Если по оси  $y$  откладывать интервалы классов содержания металла в пробах, а по оси  $x$  — нарастающие итоги количества проб, то можно построить соответствующую кривую. Для приведенного выше примера такая кривая построена на рис. 73.

Произведения отдельных классов  $sp$  на графике представляют площадь  $S$ , заключенную между построенной кривой и осью  $x$  на данном ее отрезке (на графике заштрихована одна из таких площадей клеткой).

Сумма таких площадей, расположенных справа от перпендикуляра, опущенного на ось  $x$  из точки кривой, отвечающей содержанию металла в руде, которое установлено требованиями (в данном случае 1,1%), составит  $S_1$ , а слева от него  $S_2$ .

Расчеты, выраженные формулами, представляются в следующем виде:

$$S_1 = n_1 c_{cp} + a, \quad (101)$$

где  $n_1$  — количество проб, вошедших в определение статистических запасов  $S_1$ ;

$c_{cp}$  — установленное минимально-промышленное содержание полезного компонента в руде;

$a$  — часть статистических запасов, которую следует уравнивать.

Величины данного уравнения легко находятся, и определение  $a$  не представляет трудностей:

$$S_2 = n_2 \cdot c_{cp} - a, \quad (102)$$

где  $n_2$  — количество проб, вошедших в определение  $S_2$ .

Общие запасы могут быть выражены так:

$$S_1 + S_2 = c_{cp} (n_1 + n_2), \quad (103)$$

т. е. общие запасы месторождения равны произведению среднего содержания на общее количество проб, вошедших в подсчет.

Используя формуляр, расчеты по определению нижнего предела содержания в крайних пробах могут быть значительно упрощены: данные графы 4 табл. 20 следует последовательно складывать и сумму делить на нарастающий итог количества проб, указанный в графе 3. Действительно, последовательным сложением данных графы 4 до класса проб 0,80—0,89 включительно получим сумму, равную 322,57, деление которой на общее количество проб (графа 3) 280 дало среднее содержание, равное 1,15%, т. е. выше установленного кондициями 1,1%. Прибавление данных следующего класса 0,70—0,79 даст  $364,58 : 336 = 1,09\%$ , а класса 0,60—0,69 даст уже  $397,73 : 387 = 1,03\%$ , т. е. значительно ниже кондиционного. Учитывая, что часть проб с содержанием 0,70—0,79 не войдет в контур подсчета, наиболее целесообразно принять для оконтуривания нижний предел содержания в пробах равным 0,7%, что совпадает с приведенными выше расчетами.

Приведенный пример относится к наиболее простому случаю определения нижнего предела содержания для мономинеральных месторождений. При наличии на месторождении двух или более полезных компонентов, очевидно, необходимо предусмотреть переводные коэффициенты.

Применение предлагаемого способа возможно при условии достаточно равномерного распределения разведочных выработок и равномерных интервалов опробования. Разведочные выработки должны полностью пересекать рудное тело по мощности.

Величина нижнего предела содержания полезного компонента в пробе, получаемая рекомендуемым способом, должна использоваться только при определении внешнего контура тела полезного ископаемого или частей их (блоков). Единичные пробы внутри контура тела, независимо от содержания полезного компонента в них, которое может снижаться до нуля, включаются в подсчетный контур.

Количество бедных проб, неизбежно включаемых в общий подсчетный контур, может быть большим, и не исключена возможность, что в отдельных случаях эти пробы окажут свое отрицательное влияние и в результате оконтуривания среднее содержание фактически может

оказаться несколько ниже теоретически вычисленного. В этих случаях необходимо изменить полученную величину нижнего предела содержания полезного компонента в пробе в сторону его увеличения на один класс проб и переоконтурить участок. Однако такие случаи практически могут встретиться очень редко и разбирать их самостоятельно вряд ли целесообразно.

Расчеты по определению нижнего предела содержания полезного компонента в пробе могут быть произведены для отдельных участков месторождений или блоков. Минимальное количество проб, необходимое для расчетов, не установлено, но, исходя из данных вариационной статистики, можно предполагать, что их должно быть не менее 30—50.

Выделение участков и блоков при оконтуривании тесно увязывается с наличием на месторождении естественных типов и сортов минерального сырья, запасы которых подлежат самостоятельному подсчету и оконтуриванию. Следовательно, определять нижний предел содержания полезного компонента в пробе целесообразно для каждого типа сырья самостоятельно. Например, нельзя объединить в один блок крупные участки богатых руд с убогими рудами или окисленные руды с первичными.

Особенности определения минимального промышленного содержания полезного компонента месторождений слюды и асбеста заключаются в следующем. В отличие от рудных месторождений и большинства месторождений неметаллических полезных ископаемых, таких как графит, флюорит, барит, тальк и др., в которых ценность руд определяется содержанием в них полезного компонента, для промышленной оценки месторождений асбеста (хризотил-асбеста и антофилит-асбеста), а также слюды, данных о содержании ценного компонента в руде недостаточно. Это объясняется тем, что стоимость одной тонны слюды или асбеста, извлеченных из горной породы, зависит от размера пластин слюды или длины волокна асбеста.

Стоимость асбеста, заключенного в 100 т руды, при его содержании 1% в зависимости от длины волокна колеблется в весьма широких пределах. Вследствие этого определение минимального промышленного содержания асбеста в руде производится с учетом длины волокна. Техническими условиями определено, что к промышленным рудам относятся такие асбестоносные породы, в 100 т которых содержится волокна асбеста на сумму 200 руб., причем запасы волокна низшего, VII, сорта в определении промышленной ценности руды не участвуют. Исходя из этого, запасы волокна асбеста VII сорта подсчитываются отдельно.

Руды, в 100 т которых содержится волокно асбеста I—VI сортов на сумму 200 руб., в практике принято называть рудами с содержанием асбеста в один условный процент. По содержанию асбеста в один условный процент и производится оконтуривание месторождений хризотил- и антофилит-асбеста. Не трудно видеть, что одному условному проценту будут соответствовать руды, содержащие 1% волокна VI сорта, 0,34% волокна V сорта, 0,24% волокна IV сорта, 0,11% волокна III сорта, 0,044% волокна II сорта и 0,020% волокна I сорта.

Несколько по другому определяется минимально промышленное содержание полезного компонента на месторождениях слюды (мусковита и флогопита). Для того чтобы выразить промышленную ценность слюдоносных тел численно, применяется специальный коэффициент или как его часто называют балансовый показатель (количество колотой слюды определенной полезной площади, заключенное в одном кубическом метре жильной массы) —  $\frac{K2 \cdot S \cdot M^2}{M^3}$ .

В соответствии с принятыми техническими условиями колотая слюда по величине полезной площади пластинок разделяется на восемь

номеров, причем номер колотой слюды определяется величиной площади прямоугольника с отношением сторон от 1:1 до 1:3, вписанного в контур пластины.

Промышленная ценность слюдоносных тел в настоящее время определяется по кондициям, которыми предусматривается минимальное промышленное содержание слюды по блоку и ее бортовое содержание в зависимости от района, в котором находится месторождение, что видно из табл. 21.

. Таблица 21

Слюдоносный район	Минимальное промышленное содержание, $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}^3}{\text{м}^3}$	Бортовое содержание, $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}^3}{\text{м}^3}$ или $\text{кг}/\text{м}^3$
Карело-Мурманский	12	3
Мамский	16	4
Алданский	20	5
Слюдянский	12	3
Урал	10	2,5

Приведенные в табл. 21 кондиции установлены для минимальной выемочной мощности жил или зон, равной 1 м. Для новых районов, а также для месторождений, которые по каким-либо признакам отличаются от известных, кондиции определяются специальным технико-экономическим расчетом.

## ГЛАВА V

### УЧЕТ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИ ОКОНТУРИВАНИИ

Согласно инструкции о порядке представления в ГКЗ и ТКЗ материалов по подсчету запасов, в специальной главе отчета «Гидрогеологическая характеристика месторождения» должны быть приведены следующие сведения: объем, методика и содержание гидрогеологических исследований и наблюдений, выполненных при разведках; описание водоносных горизонтов, их литологический состав, статические и пьезометрические уровни воды, гидростатические напоры вод, коэффициенты фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод, взаимосвязь водоносных горизонтов кровли, почвы и тела полезного ископаемого; описание пльвунов, характеристика вечной мерзлоты, данные о составе и качестве подземных вод, определение возможного притока воды в момент вскрытия месторождения и в процессе эксплуатации его и данные о водоотливе из действующих шахт и карьеров.

Для вновь разведываемых месторождений необходимо указывать источники снабжения будущего предприятия питьевой и технической водой.

В другой главе отчета — «Горнотехнические условия эксплуатации месторождения» — должны быть освещены физико-химические свойства вмещающих пород и пород, слагающих тело полезного ископаемого (устойчивость пород кровли и почвы, кливаж, крепость, твердость, кусковатость, влажность, газоносность, пыленосность); факторы, затрудняющие эксплуатацию и требующие проведения специальных мероприятий; вопросы о наиболее целесообразном способе отработки месторождения (для открытых работ — соотношение вскрыши к полезной толще, для подземных — глубина залегания рудного тела, возможность отработки штольнями, рабочая мощность, для эксплуатирующихся месторождений — фактические данные об условиях отработки).

К моменту окончания разведки месторождения степень изученности гидрогеологических и горнотехнических условий отработки должна быть достаточной для составления технического проекта вскрытия месторождения (или его участка), который включает и мероприятия по борьбе с подземными водами, процессами оползнеобразования и др.

Не останавливаясь на детальном рассмотрении указанных требований к изучению горнотехнических и гидрогеологических условий отработки месторождений, отметим наиболее важные из них, которые при оконтуривании и подсчете запасов необходимо учитывать в первую очередь.

Для месторождений, отработку которых предполагается вести открытым способом, необходимо в отдельности оконтурить и подсчитать

запасы на участках с различной мощностью пород, залегающих над телом полезного ископаемого. Для этой цели чаще всего составляют специальную карту месторождения (или его участка) с изолиниями мощностей вскрыши, т. е. мощностей пород, залегающих выше тела полезного ископаемого. Изолинии мощностей могут быть заменены изолиниями коэффициента вскрыши, определяемого как отношение мощности вышележащих пород к мощности тела полезного ископаемого. Такие карты необходимы для установления очередности отработки месторождения и решения ряда других вопросов.

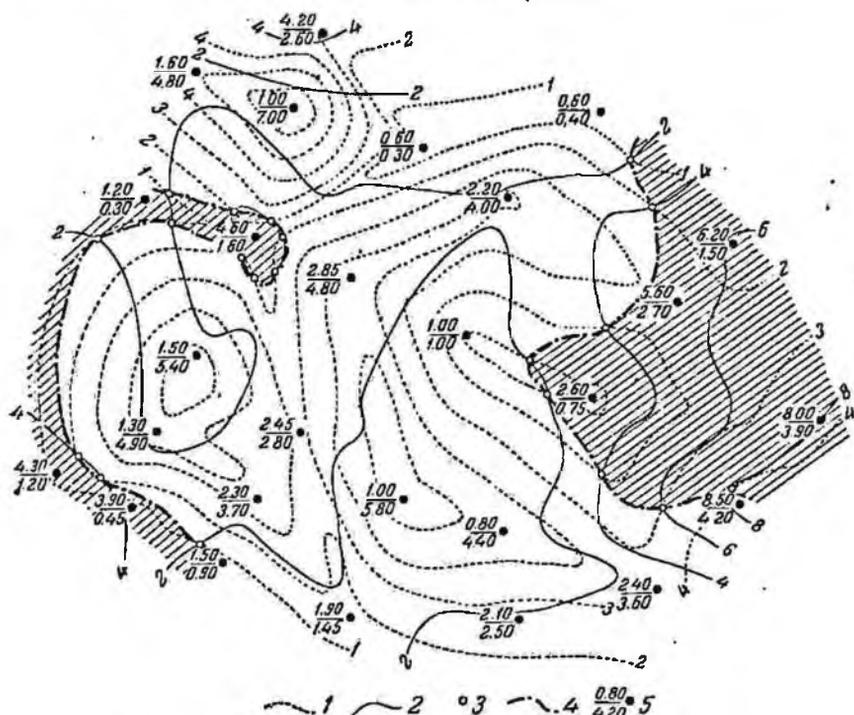


Рис. 74. Оконтуривание части залежи кварцитов в плане с выделением участка, пригодного для открытой отработки

1 — изолинии мощности залежи кварцитов; 2 — изолинии мощности вскрыши; 3 — точки пересечения изолиний мощности пласта с изолиниями мощности вскрыши в соответствии с заданным коэффициентом вскрыши (2:1); 4 — контур участка, пригодного для открытой отработки (заштрихованы участки, непригодные для открытой отработки); 5 — выработки с указанным в числителе мощности вскрыши, в знаменателе — мощности залежи

План изолиний вскрыши может быть построен аналитическим или графическим способом. Обычно пользуются более простым, графическим способом. Для построения плана наносятся две системы изолиний — изолинии мощности вскрыши и мощности рудного тела (рис. 74). Изолинии мощности вскрыши проводятся через интервалы, определяемые формулой

$$r_0 = kr_{м}, \quad (104)$$

где  $r_0$  — интервалы между изолиниями мощности вскрыши;

$r_{м}$  — интервалы между изолиниями мощности рудного тела;

$k$  — предельный коэффициент вскрыши, допускаемый условиями.

Точки пересечения изолиний мощности пласта  $r'_{м}$ ,  $r''_{м}$  и т. д. с соответствующими изолиниями мощности вскрыши  $r'_0$ ,  $r''_0$  и т. д. будут лежать на изолинии заданного коэффициента вскрыши. Соединяя эти точки плавной кривой, получают требуемый подсчетный контур.

Этот способ является наиболее наглядным. Он удобен еще и тем, что позволяет легко выявить внутри общего контура подсчета участки, не отвечающие заданному соотношению мощностей, которые при подсчете можно выделить, чтобы определить их запасы отдельно.

Если месторождение может быть отработано карьерами только частично, то запасы этих частей должны быть оконтурены и подсчитаны отдельно от остальных запасов месторождения. Схема оконтуривания для этого случая приведена на рис. 75.

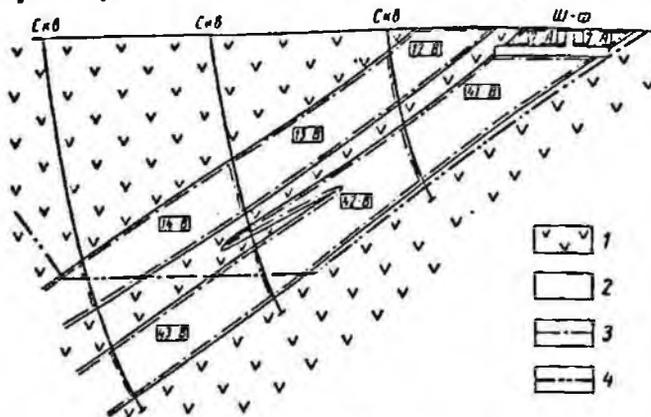


Рис. 75. Схематический разрез с указанием контуров запасов, отработка которых возможна открытым способом

1 — выходящие породы; 2 — рудные тела; 3 — контур подсчетных блоков; в прямоугольной рамке указан номер подсчетного блока и категория запасов; 4 — контур возможных открытых работ, в пределах которого запасы подсчитываются самостоятельно

Допустимая величина коэффициента вскрыши определяется содержанием полезного компонента в руде, ценностью полезного компонента, плотностью вскрышных пород, гидрогеологическими условиями, возможностью применения той или иной механизации вскрышных работ и рядом других технических, экономических и геологических причин.

В каждом отдельном случае допустимая величина коэффициента вскрыши устанавливается специальными условиями. Практически этот коэффициент колеблется от нуля при залегании руды непосредственно на поверхности земли до 7:1 и выше.

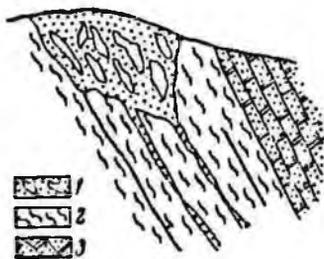


Рис. 76. Вертикальный разрез ртутного месторождения

1 — руды; 2 — метаморфические породы; 3 — песчаники

В настоящее время в условиях быстрого развития техники вскрышных работ все большее количество месторождений становится возможным обрабатывать открытым способом, который, по сравнению с подземной обработкой, дает возможность осваивать более бедные сорта минерального сырья. Чаще всего отработка карьерами производится на месторождениях, тела которых расположены близ поверхности земли или даже выходят на поверхность. Поэтому при подсчете запасов таких месторождений необходимо выяснить возможность применения открытых работ; в случае положительного решения этого вопроса — оконтурить и отдельно подсчитать запасы минерального сырья, которые могут быть отработаны карьерами.

Глубина отработки открытыми карьерами ограничивается не только техническими возможностями, но и структурно-геологическими особенностями месторождения. Например, рудные гнезда, изображенные на рис. 76, могут быть отработаны карьером только до горизонта резкого

сокращения их мощности и перехода в жильные тела. Жильные тела, очевидно, потребуют применения другой системы отработки, и запасы их должны быть подсчитаны отдельно.

Подсчет запасов россыпных месторождений золота, олова и других полезных компонентов для дражной их отработки производится с учетом технических возможностей проектируемой или работающей драги. Основное влияние на оконтуривание и определение запасов оказывают такие показатели, как минимальная ширина прохода драги, изменяющаяся в зависимости от емкости черпака от 20 до 70 м и глубины черпания (от 6 до 30 м).

В результате учета этих параметров, в контур промышленной части россыпи нередко включаются значительные участки с некондиционным содержанием полезного компонента, например при естественной ширине россыпи меньшей, чем она необходима для прохода драги (рис. 77,

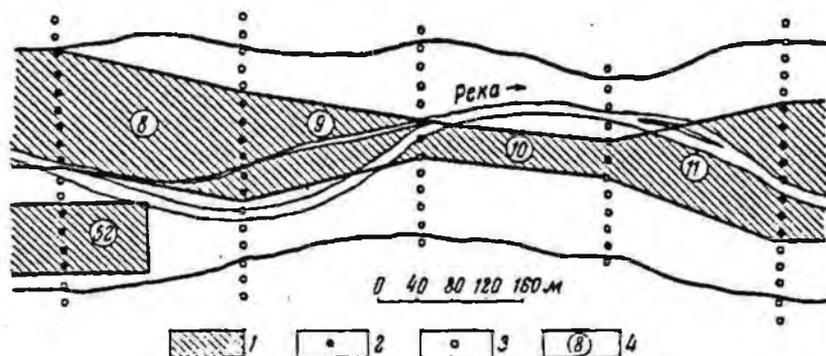


Рис. 77. Схема части дражного полигона

1 — часть россыпи, включаемая в контур подсчета запасов; 2 — скважины, показавшие промышленное содержание полезного компонента; 3 — скважины, показавшие непромышленное содержание полезного компонента; 4 — номера подсчетных блоков

блок 10). В других случаях из подсчета исключаются участки с кондиционным содержанием, например, если залегание песков по глубине превышает технически возможную глубину черпания данной драги.

В результате такого подсчета, запасы горной массы россыпи р. Айва по категории В + С<sub>1</sub> были увеличены на 36%, а содержание полезного компонента снижено почти на 17%; запасы горной массы россыпи р. Сорьи увеличены на 35% при одновременном снижении содержания на 19%; запасы горной массы россыпи верхнего участка Верхне-Енашиминского полигона увеличены на 15%, при снижении содержания на 14% и увеличении запасов золота только на 1,5%. С другой стороны, при подсчете запасов устьевое участка россыпи р. Тюхтерек 25% горной массы, содержащей 26,5% запасов золота, остались неучтенными только потому, что эти запасы залегают на глубине, превышающей возможную глубину черпания драги.

Однако согласно существующим правилам подсчет запасов минерального сырья в недрах должен производиться без вычета потерь и учета разубоживания их при добыче.

Исходя из сказанного, необходимо производить подсчет запасов в естественных контурах и дополнительно определять технически извлекаемые запасы.

Для месторождений, расположенных в северных районах, особенно при открытой их отработке, нередко большое влияние на возможность применения того или иного способа эксплуатации оказывает наличие вечной мерзлоты. Например, отработка россыпей гидравлическим способом требует предварительного оттаивания грунта, отработка драгой

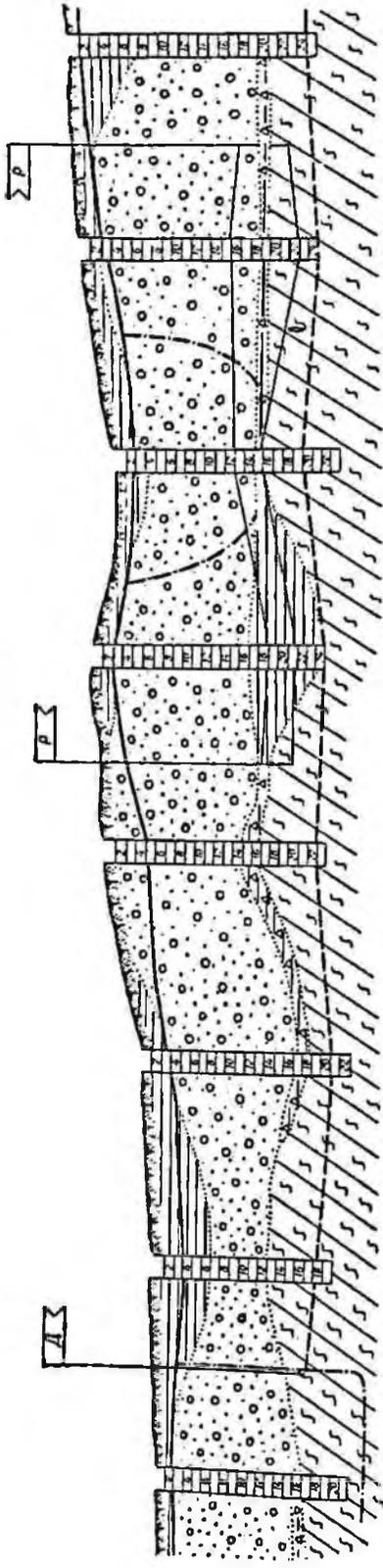


Рис. 78. Часть разреза золотоносной россыпи

1 — растительный слой и торф; 2 — ил; 3 — песок с галькой; 4 — щебенка и древесина; 5 — глинистые сланцы; 6 — глина легкого слоя; 7 — глина таликов; 8 — контур выисов, предельных для разработки; 9 — контур выисов, предельных для разработки; 10 — шурфы с указанием интервалов отработки

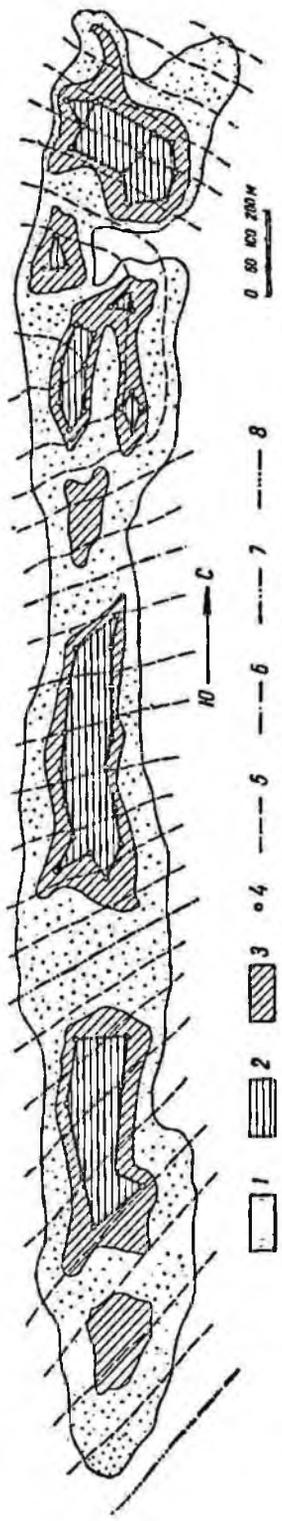


Рис. 79. Схематический план гидрозон

1 — рудный горизонт; 2 — залежь кит. В; 3 — залежь кит. С; 4 — залежь кит. С; 5 — залежь кит. С; 6 — южная граница участка, расположенного в благоприятных гидрогеологических условиях; 7 — южная граница участка, отработка которого требует предварительного снижения уровня подземных вод; 8 — южная граница участка, отработка которого требует предварительного снижения уровня горизонта племени

в условиях вечной мерзлоты также затруднительна. Поэтому при подсчете запасов необходимо изучать распределение вечной мерзлоты и оконтуривать отдельно: 1) участки, на которых развита сплошная вечная мерзлота, 2) участки с островной вечной мерзлотой и 3) талики. Пример такого оконтуривания приведен на рис. 78.

В ряде случаев отдельно оконтуриваются участки с дизъюнктивными нарушениями, а также сильно рассланцованные или закарстованные, т. е. участки, на которых следует ожидать осложнения условий отработки по сравнению с остальной частью месторождения; например, при значительной обводненности нарушенных зон может возникнуть необходимость в организации специального водоотлива; при резком изменении устойчивости вмещающих пород в таких зонах может потребоваться применение специальных способов крепления и т. п.

Одной из важных задач при разведке и подсчете запасов является изучение гидрогеологических условий месторождения, определение степени его обводненности и величины ожидаемых водопритоков при эксплуатации. Нередки случаи, когда отдельные тела и даже месторождения не могут быть отработаны из-за неблагоприятных гидрогеологических условий их залегания. Например, некоторые богатые железорудные залежи на глубине 100 м не эксплуатируются в связи с их залеганием непосредственно под мощным покровом пльвунов, а некоторые залежи бокситов в известняках не могут быть отработаны, вследствие исключительно высоких водопритоков.

Поэтому необходимо изучать гидрогеологические условия отработки месторождения, выделять и самостоятельно оконтуривать запасы, находящиеся в резко различных условиях. Обычно выделяют участки месторождений, запасы которых залегают выше уровня грунтовых вод. Ниже уровня грунтовых вод в ряде случаев целесообразно выделять участки с незначительными водопритоками, участки с водопритоками, требующими организации мощного водоотлива, участки возможного понижения уровня грунтовых вод путем искусственного осушения и т. п.

Запасы полезных ископаемых в выделенных по этим признакам участках подсчитываются отдельно и служат обоснованием для технико-экономических расчетов, связанных с проведением тех или иных гидротехнических мероприятий.

Выделение и оконтуривание участков, находящихся в различных гидрогеологических условиях, производится на специальных планах или картах гидроизогипс. На рис. 79 приводится схема одного из таких планов для месторождения, находящегося в сложных гидрогеологических условиях.

Запасы, расположенные в целиках — шахтных, под железнодорожными путями, производственными зданиями, поселками и пр., — должны быть оконтурены на планах и разрезах и подсчитаны отдельно. Если по качеству эти запасы удовлетворяют кондициям, они относятся к группе балансовых запасов.

## ГЛАВА VI

### ЗАВИСИМОСТЬ ОКОНТУРИВАНИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОТ ХАРАКТЕРА ИХ ВЫКЛИНИВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Распределение полезных и вредных компонентов на месторождениях в некоторых случаях влияет на порядок оконтуривания площадей для подсчета запасов.

Обычно различают равномерное, неравномерное и крайне неравномерное распределение ценных или вредных компонентов в теле полезного ископаемого. Однако ограничиться установлением такой характеристики распределения компонентов при подсчете запасов нельзя, необходимо выяснить и некоторые другие вопросы, влияющие на оконтуривание промышленных участков минерального сырья.

#### ТИПЫ ГРАНИЦ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Основное значение при оконтуривании имеет взаимоотношение промышленных участков с вмещающими породами, которое в природе проявляется крайне разнообразно. Рассмотрим наиболее характерные часто встречающиеся случаи, которые нередко комбинируются между собой и влияют на оконтуривание при подсчете запасов.

С этой точки зрения можно выделить следующие основные группы месторождений:

1) месторождения, на которых тела полезных ископаемых имеют четкие границы, при этом распределение полезного компонента может быть: а) равномерным и б) неравномерным;

2) месторождения, на которых тела полезного ископаемого не имеют четких границ, причем распределение полезного компонента также может быть: а) равномерным и б) неравномерным.

*Месторождения, на которых тела полезных ископаемых имеют четкие границы и распределение полезного компонента равномерное.* Эта группа месторождений характеризуется прежде всего резким различием в вещественном составе тел полезных ископаемых и вмещающих пород, что дает возможность четко провести контур тела; полезный компонент распределен относительно равномерно, и все тело представляет промышленный интерес.

Соотношение содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах на их контакте графически может быть выражено схемой, изображенной в идеализированном виде на рис. 80. На этой схеме *ММ* — линия максимальной изменчивости содержания полезного компонента, которая обычно располагается перпендикулярно контакту тела полезного ископаемого; *КК* — линия контакта тела полезного ископаемого с вмещающими породами; справа

от нее расположено тело полезного ископаемого, а слева — вмещающие породы. Рассматривая полученное пересечение прямых, как координатную сеть, можно в условном масштабе отложить по оси  $KK$  содержание полезного компонента  $C_K$ , равное кондиционному, т. е. минимальному

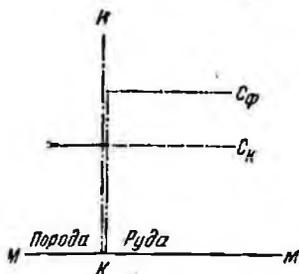


Рис. 80. Идеализованная схема соотношения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах при четком контакте и равномерном распределении полезного компонента

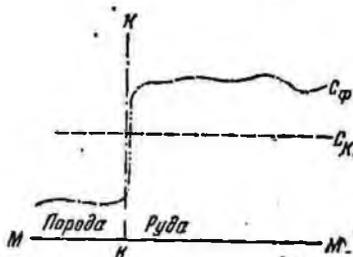


Рис. 81. Общая схема соотношения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах при четком контакте и равномерном распределении полезного компонента

промышленному содержанию полезного компонента, которое отличает минеральное сырье от вмещающей породы. Откладывая по той же оси фактическое содержание полезного компонента (в том же масштабе), получим линию  $C_Ф$ , которая в пределах тела полезного ископаемого пройдет примерно параллельно линии  $C_K$ , причем несколько выше последней, так как промышленное содержание полезного компонента, как правило, выше предусмотренного кондициями. На контакте

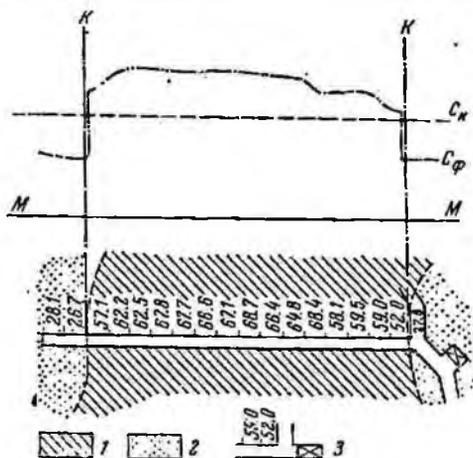


Рис. 82. Часть плана опробования железорудной залежи

1 — рудное тело; 2 — вмещающие породы; 3 — горные выработки. Вертикальными штрихами отмечены интервалы опробования; цифры указывают содержание железа в пробах, на основании которых построена кривая  $C_Ф$

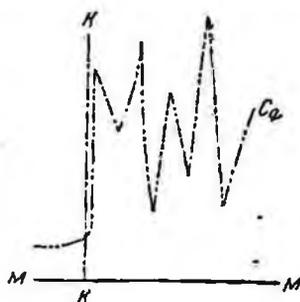


Рис. 83. Общая схема соотношения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах при четком контакте и неравномерном распределении полезного компонента

тела полезного ископаемого с вмещающими породами содержание ценного компонента резко падает, и линия  $C_Ф$  совпадает с линией  $KK$ .

На многих месторождениях вмещающие породы также несут в себе некоторое количество полезного компонента; в этих условиях кривая  $C_Ф$  в пределах вмещающих пород проходит несколько выше нуля. Кроме того, содержание полезного компонента даже при равномерном его распределении испытывает некоторые колебания, и графическое изображение

их даст волнистую линию. Поэтому схема соотношения содержания полезного компонента будет иметь вид, показанный на рис. 81. Однако содержание ценного компонента во вмещающих породах в месторождениях рассматриваемой группы резко отличается от содержания его в теле полезного ископаемого и граница между ними намечается достаточно четко. Примером такого месторождения может служить железорудная залежь, часть плана опробования которой приведена на рис. 82; залежь пересечена горной выработкой по всей мощности, что дает возможность построить кривую распределения железа  $C_{\phi}$ , охватывающую два контакта залежи; оба контакта выделяются достаточно четко, и никаких затруднений при проведении контуров залежи не возникает.

Для рассматриваемой группы месторождений характерно совпадение геологических контуров тел полезных ископаемых с подсчетными, причем геологические контуры хорошо фиксируются как в горных выработках, так и по кернам буровых скважин.

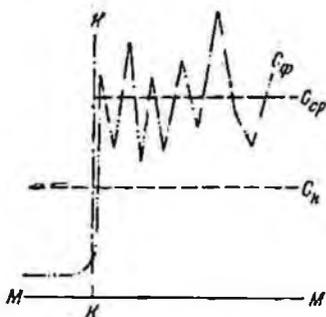


Рис. 84. Схема соотношения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах при четком контакте и неравномерном распределении полезного компонента. Содержание полезного компонента изменяется в пределах кондиций

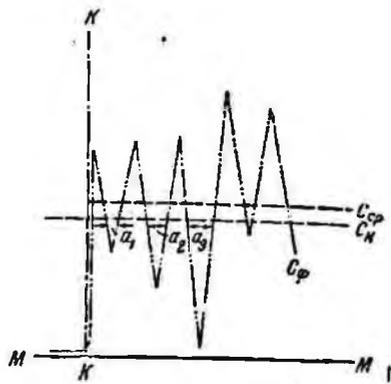


Рис. 85. Кривая содержания полезного компонента при среднем содержании его в теле полезного ископаемого выше кондиционного

Месторождения, на которых тела полезных ископаемых имеют четкие границы, но распределение полезного компонента неравномерное. Для этой группы месторождений характерно резкое различие между вещественным составом тела полезного ископаемого и вещественным составом вмещающих пород, что дает возможность наметить четкую границу между ними. Однако в отличие от предыдущей группы месторождений в данном случае распределение полезного компонента в контурах тела полезного ископаемого неравномерное и может быть выражено схемой (рис. 83).

Степень неравномерности распределения полезного компонента в теле полезного ископаемого не всегда оказывает влияние на оконтуривание. Если при всех колебаниях в содержании полезного компонента средние его величины ( $C_{cp}$ ) всегда остаются выше минимального промышленного, как показано на рис. 84, то независимо от степени изменчивости содержания вся залежь представляет промышленный интерес, и оконтуривание упрощается. Практически среднее содержание полезного компонента в теле полезного ископаемого обычно бывает местами выше, а местами ниже кондиционного уровня, нередко падая до нуля; при этом возможны два основных варианта: а) среднее фактическое содержание  $C_{cp}$  в теле полезного ископаемого выше кондиционного  $C_k$

(рис. 85); б) среднее фактическое содержание  $C_{ср}$  ниже кондиционного  $C_k$  (рис. 86).

Как в первом, так и во втором случае при оконтуривании и подсчете запасов важно знать характер и закономерность распределения безрудных интервалов и их размеры (на рис. 85 и 86 часть этих интервалов отмечена буквой  $a$ ). Необходимо выяснить возможность селективной отработки этих участков или оставления их в целиках, проверить возможность обогащения простой сортировкой и другими способами.

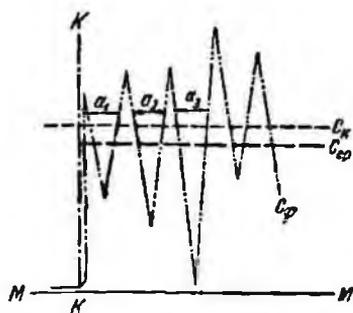


Рис. 86. Кривая содержания полезного компонента при среднем содержании его в теле полезного ископаемого ниже кондиционного

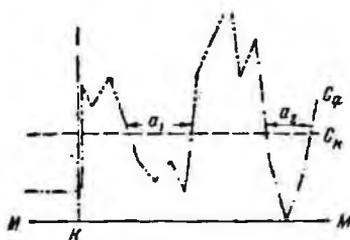


Рис. 87. Схема распределения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого при гнездовом характере оруденения

Во всех случаях выяснение возможности получения более богатого по содержанию минерального сырья за счет исключения безрудных участков имеет большое значение, а в условиях, показанных на рис. 86, оно позволит решить вопрос о промышленном значении месторождения.

К описываемой группе месторождений относятся многие месторождения с неравномерным и крайне неравномерным распределением полезных компонентов, в частности, большинство жильных месторождений вольфрама, олова, золота и других металлов. Некоторые месторождения (мышьяка, полиметаллов и др.), приуроченные к зонам нарушений, с гнездовым характером оруденения также относятся к этой группе, но кривая распределения полезного компонента в рудном теле для этих месторождений будет иметь несколько своеобразный вид (рис. 87). К этой же группе могут быть отнесены месторождения осадочного генезиса, например железа, марганца и др. при наличии безрудных прослоев. Кривая распределения полезного компонента в теле полезного ископаемого для этих месторождений, как показано на рис. 88, резко отличается от приведенных выше.

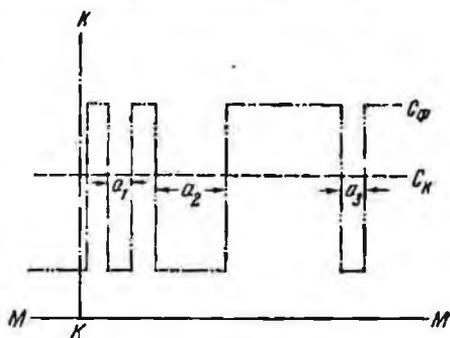


Рис. 88. Схема распределения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого осадочного генезиса при наличии безрудных или слабооруденелых прослоев

Пример построения кривой для месторождений гнездового типа приведен на рис. 89. В этом случае кондиционная руда выделена по метропроценту, который условно принят равным 3; минимальная протяженность рудных и безрудных участков принята равной 3 м.

Месторождения, на которых тела полезных ископаемых не имеют четких границ, а распределение полезных компонентов относительно

равномерное. Эта группа месторождений характеризуется прежде всего однородным вещественным составом тел полезных ископаемых и вмещающих пород, различие между которыми заключается только в концентрации полезного компонента; четких границ между ними нет — наблюдается постепенный переход минерального сырья в породу. Кривая распределения полезного компонента для таких месторождений

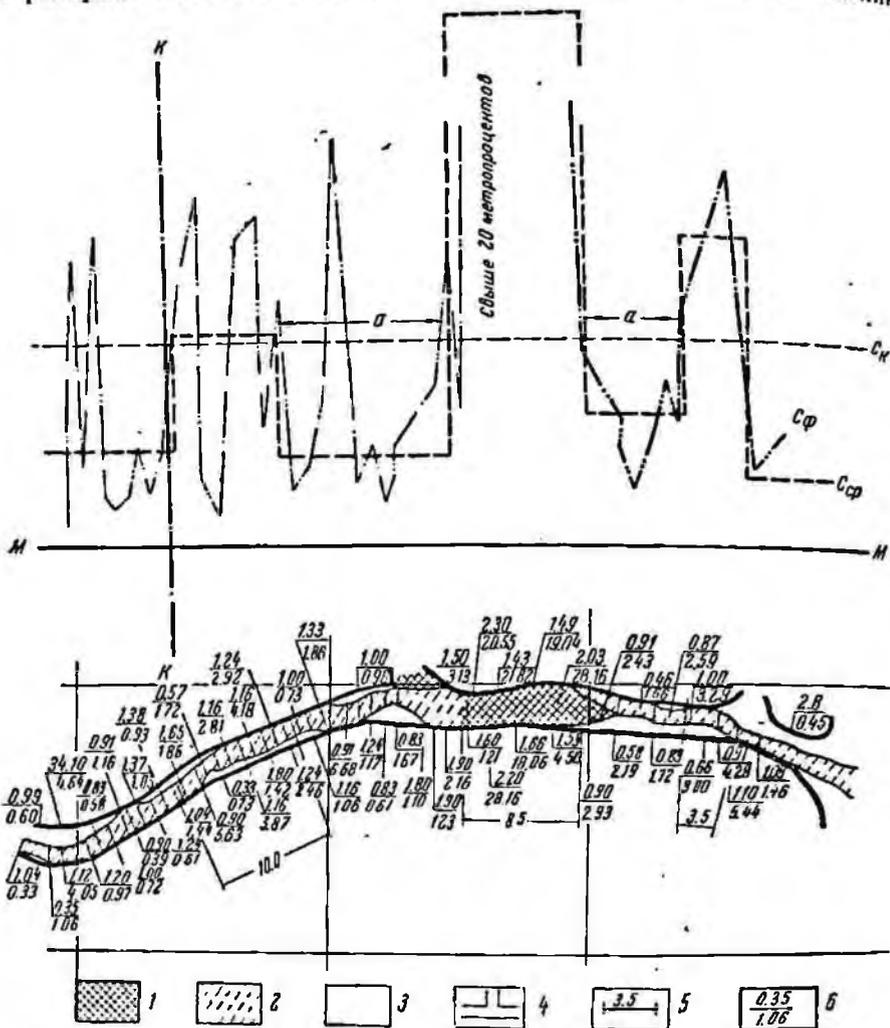


Рис. 89. План опробования части рудной зоны с гнездовым типом оруденения  
 1 — массивная руда; 2 — вкрапленная руда; 3 — вмещающие породы; 4 — горные выработки; 5 — интервалы с промышленным оруденением (сверху — длина интервала в метрах); 6 — данные опробования (сверху — мощность в метрах, внизу — содержание в процентах)

представлена на рис. 90. Граница тела полезного ископаемого для подсчета запасов должна проводиться через точку  $K_1$ , пересечения кривой  $C_k$  и  $C_f$ , т. е. по минимальному промышленному содержанию.

Нередки случаи, когда в пределах контура тела полезного ископаемого содержание полезного компонента колеблется, как показано на рис. 91; тогда все приведенные выше замечания о безрудных участках  $a$  должны быть отнесены и к этим случаям.

На рис. 92 приведена схема железорудного пласта с постепенным снижением содержания полезного компонента в связи с фациальной изменчивостью, а также пример построения кривой соотношения содержания полезного компонента для такого пласта.

Месторождения, на которых тела полезных ископаемых не имеют четких границ и распределение полезного компонента неравномерное. Вещественный состав тела полезного ископаемого здесь не отличается от вещественного состава вмещающих пород. Различие между телом

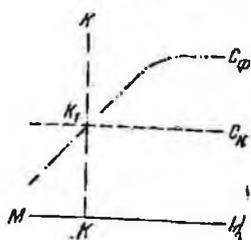


Рис. 90. Схема соотношения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах при отсутствии четкого контакта и равномерном распределении полезного компонента

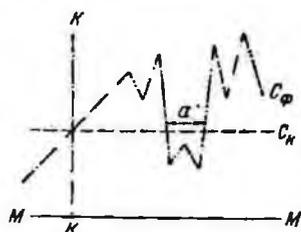


Рис. 91. Схема соотношения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах при отсутствии четкого контакта и неравномерном распределении полезного компонента в пределах промышленного контура

полезного ископаемого и вмещающими породами заключается только в концентрации полезного компонента; четких границ между ними нет. При этом на общем фоне постепенного снижения концентрации полезного компонента наблюдаются локальные изменения содержания, кото-

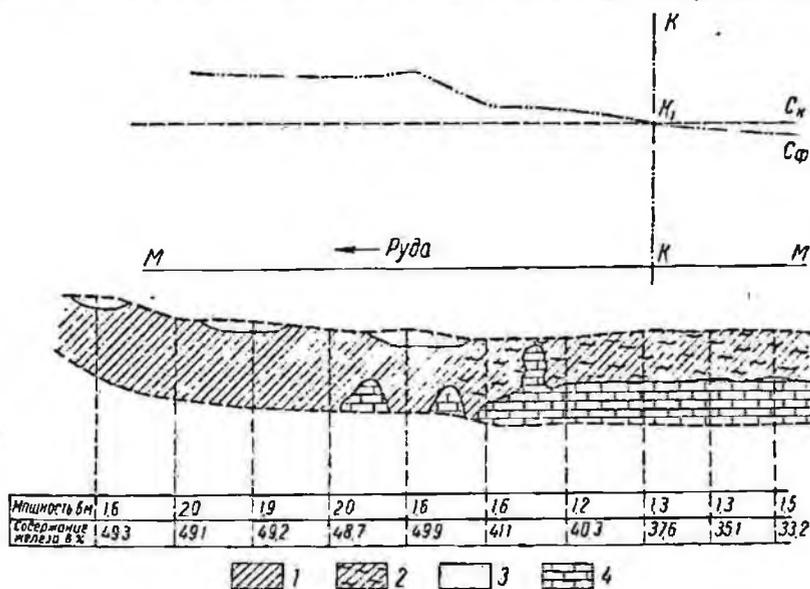


Рис. 92. Фациальный переход железной руды в песчано-глинистые отложения (зарисовка стенки штрека)  
1 — железная руда; 2 — песчано-глинистые отложения с содержанием железа; 3 — песок; 4 — известняки

рые вуалируют границу перехода тела полезного ископаемого во вмещающие породы.

Эта группа месторождений является наиболее сложной для оконтуривания. Схема распределения полезного компонента для месторождений данной группы в общем виде представлена на рис. 93. Все приведенные выше рассуждения относительно необходимости изучения

безрудных участков  $a$  остаются в силе и здесь, причем нередко приобретают особенную остроту. Исходя из схемы (рис. 93), можно сказать, что контур тела полезного ископаемого должен пройти между линиями  $B_1B_1$  и  $B_2B_2$ , но более точно наметить его без предварительного изучения поведения безрудных участков  $a$  не представляется возможным. Если, например, участки  $a$  при отработке месторождения могут быть изолированы, то контур, очевидно, пройдет по линии  $B_1B_1$ . Если же участки  $a$  обязательно будут отработаны, то контур должен пройти по некоторой линии  $AA$ , положение которой определяется специальными расчетами. В частности, чтобы провести линию  $AA$ , необходимо определить бортовое содержание, т. е. минимальное содержание полезного компонента в краевых пробах, включение которых в подсчетный контур обеспечит получение минерального сырья на данном участке ( $AA-B_2B_2$ ) с содержанием не ниже установленного минимального промышленного.

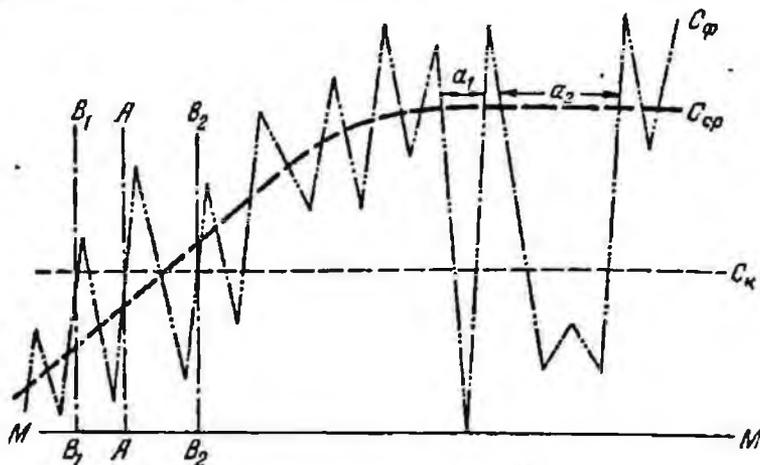


Рис. 93. Схема соотношения содержания полезного компонента в теле полезного ископаемого и во вмещающих породах при отсутствии четкого контакта и неравномерном распределении полезного компонента

К этой группе месторождений относятся месторождения штокверкового типа, многие месторождения редких металлов, большинство золоторудных месторождений нежильного типа (штокверки, зоны, россыпи) и многие другие, отличающиеся сложным распределением полезного компонента. Пример построения кривой для жильной зоны приведен на рис. 94.

Охарактеризованные основные типы распределения полезных компонентов в природе могут различным образом комбинироваться и осложнять оконтуривание. Встречаются случаи, когда один из контактов тела полезного ископаемого достаточно четкий, а другой отличается сложным характером взаимоотношений с вмещающими породами. Могут быть случаи, когда характер распределения полезного компонента в направлении простираения тела полезного ископаемого резко отличается от распределения того же компонента по мощности тела или в направлении его падения.

Кроме того, различные участки месторождения могут иметь различную концентрацию полезного или других компонентов. Это обстоятельство приобретает особенно важное значение, когда различное по качеству или составу минеральное сырье требует применения различной технологии обработки. В этом случае необходимо отдельно оконтуривать и подсчитывать различные естественные сорта и типы минерального сырья.

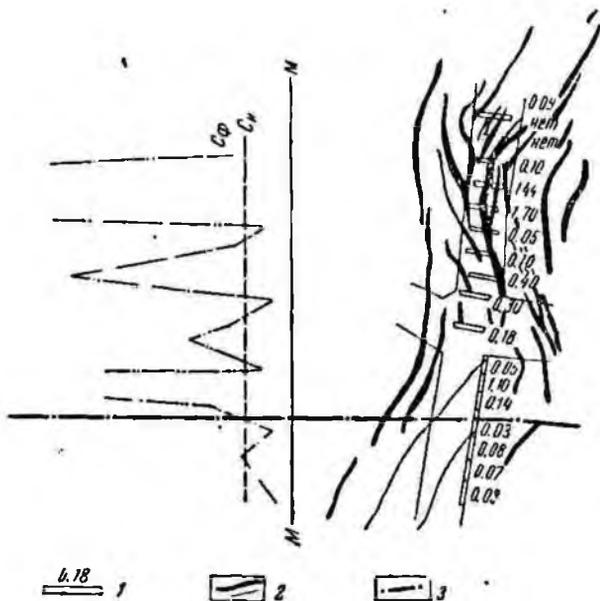


Рис. 94. Схема строения рудной зоны и кривая соотношения содержания полезного компонента

1 — бороздовые пробы (цифры показывают содержание полезного компонента в пробе); 2 — рудные жилы; 3 — контур промышленных руд

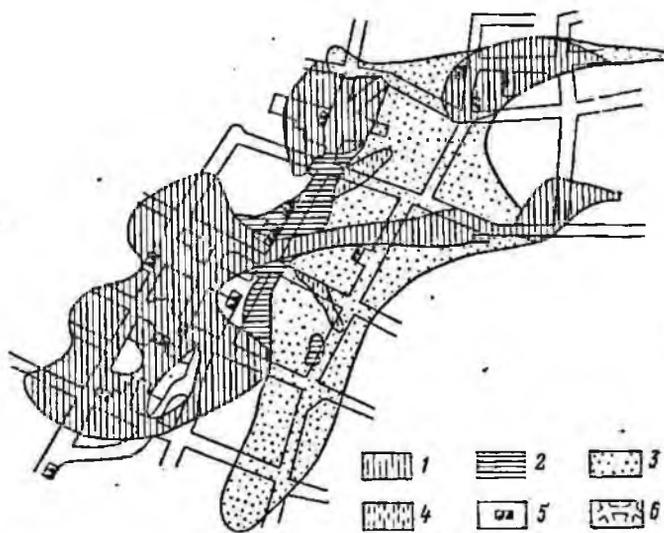


Рис. 95. План первого горизонта полиметаллического месторождения (по В. Г. Соловьеву)

1 — медные руды; 2 — смешанные медно-цинковые руды; 3 — цинковые руды с содержанием Zn ниже 10%; 4 — цинковые руды с содержанием Zn выше 10%; 5 — шахты; 6 — штреки и рассечки

Взаимоотношения между отдельными сортами и типами минерального сырья на месторождении аналогичны разобранным выше взаимоотношениям между телами полезных ископаемых и вмещающими породами. Принципы и приемы оконтуривания тел полезных ископаемых полностью применимы и для оконтуривания отдельных типов и сортов минерального сырья, выделяемых внутри тела.

Для многих месторождений, главным образом сульфидных, большую роль при подсчете запасов играет надежное оконтуривание зоны окисления, так как руды верхней части месторождения качественно резко отличаются от сульфидных. Кроме того, нередко выделяют сплошные (богатые) и вкрапленные (убогие) руды, обработка которых требует применения различных схем дробления, или существенно длин-



Рис. 96. Схематический план залежи бокситов (по В. И. Смирнову)  
1 — малокальциевые бокситы (абразивное сырье); 2 — бокситы; 3 — вмещающие породы

ковые, существенно свинцовые и смешанные руды. Часть такого сортового плана приведена на рис. 95. В тех случаях, когда детальная разбивка минерального сырья на сорта и раздельное их оконтуривание невозможно, количественное соотношение различных сортов такого

Разрез по AA

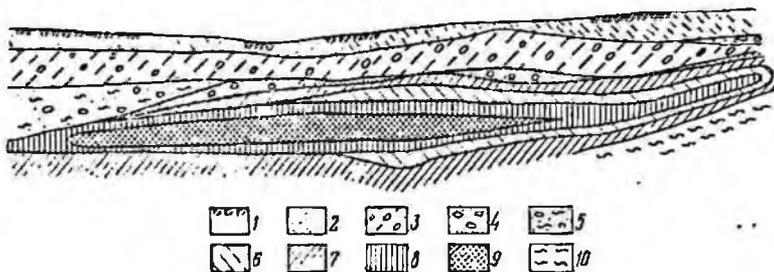


Рис. 97. Геологический разрез к плану залежи бокситов, изображенному на рис. 96

1 — почвенный слой; 2 — глины безвалунные; 3 — глины валунные; 4 — известковые валуны; 5 — пески; 6 — алиты; 7 — сивалиты; 8 — бокситы; 9 — малокальциевые бокситы (абразивное сырье); 10 — глины

сырья определяется статистически. Нередко на бокситовых месторождениях представляется возможным выделить и отдельно подсчитать запасы малокальциевых бокситов, которые используются в качестве сырья для абразивов. Схематический план и геологический разрез залежи бокситов, при подсчете запасов которых малокальциевые бокситы оконтурены отдельно, приведены на рис. 96 и 97.

На железорудных месторождениях особенно важно отдельно оконтурить и подсчитать запасы руд, пригодных для мартеновской плавки. Для этой цели составляют специальные сортовые планы, аналогичные приведенному на рис. 98. Кроме повышенных требований к содержанию железа, мартеновские руды должны обладать определенной

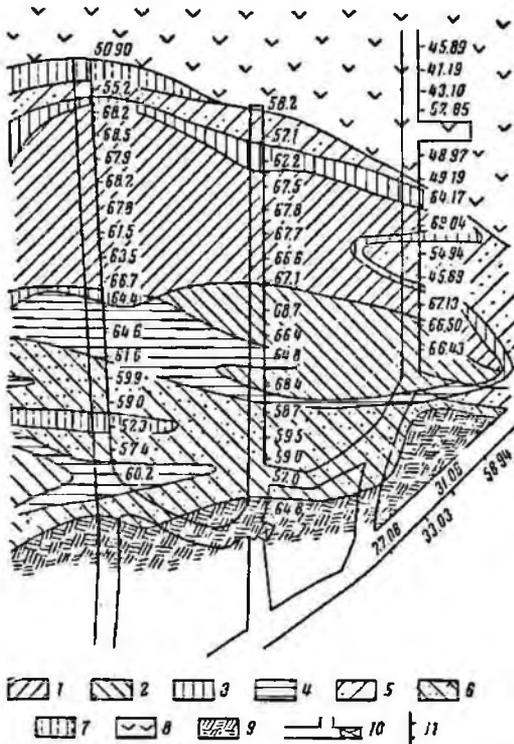


Рис. 98. Часть сортового плана горизонта горных выработок (по Ю. Г. Гершойгу)

Руды с содержанием железа более 65%: 1 — синька; 2 — красковая. Руды с содержанием железа 65—60%: 3 — синька; 4 — красковая. Руды с содержанием железа 60—55%: 5 — синька; 6 — красковая. 7 — руда синька с содержанием железа менее 55%; 8 — джеспилиты; 9 — красковые роговики; 10 — горные выработки; 11 — места взятия проб

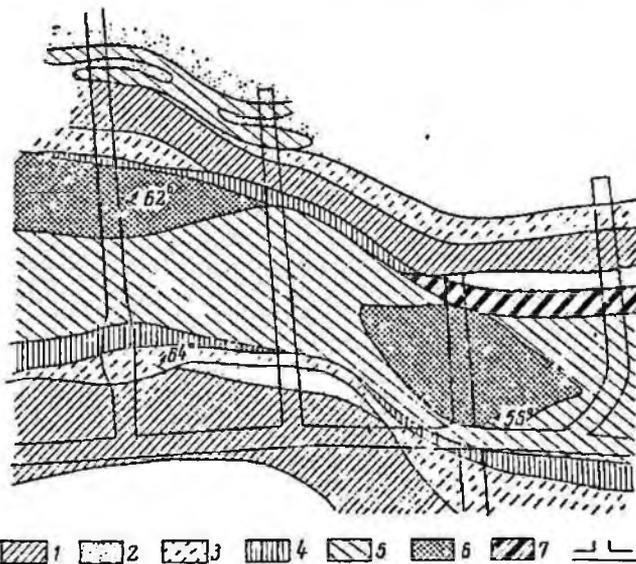


Рис. 99. Часть геологического плана горизонта горных выработок (по Ю. Г. Гершойгу)

1 — красковые роговики выше средней крепости; 2 — джеспилиты; 3 — руда красково-мариттовая средней крепости; 4 — руда красно-синька выше средней крепости; 5 — руда синька средней крепости; 6 — руда синька крепкая; 7 — руда синька рыхлая; 8 — горные выработки

крепостью и кусковатостью. Для определения крепости руд проводят специальные испытания, и на основании их составляют планы распределения руд по сортам в зависимости от крепости. Часть такого плана изображена на рис. 99.

Для россыпных месторождений, например месторождений золота, часто отдельно оконтуривают и подсчитывают запасы обогащенных струй или пластов с целью первоочередной их отработки подземным способом, в то время как общая, более бедная масса рыхлых отложений предназначается для отработки гидравлически дражным или другим механизированным открытым способом.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОКОНТУРИВАНИИ

Для проведения границ тел полезных ископаемых в некоторых случаях представляется возможным использовать геофизические методы исследования обнажений (стенок горных выработок, буровых скважин).

Наиболее полно эта задача может быть решена для месторождений радиоактивных руд.

Способ этот рекомендуется как при наличии и отсутствии четкого ограничения тела полезного ископаемого, так и в случае равномерного и неравномерного характера распределения полезного ископаемого.

Для месторождений, где рудные тела имеют четкие границы и распределение полезного компонента равномерное, участки тела, характеризующиеся более высоким содержанием радиоактивных элементов,

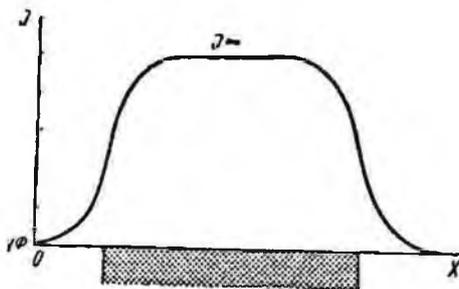


Рис. 100. Профиль гамма-съемки, пересекающий тело большой мощности  
 НФ — естественный фон; ОХ — линия профиля; J — интенсивность гамма-излучения; штриховкой показан слой повышенной активности

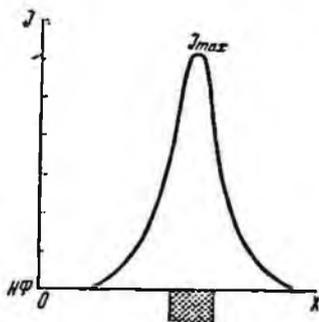


Рис. 101. Профиль гамма-съемки, пересекающий слой малой мощности  
 НФ — естественный фон; ОХ — линия профиля; J — интенсивность гамма-излучения; штриховкой показан слой повышенной активности

и вмещающие породы будут весьма отличаться активностью гамма-излучения. Контакт руды с вмещающими породами выделяется в этом случае как полоса резкого изменения концентраций радиоактивного элемента. На рис. 100 представлено изменение гамма-активности по профилю, направленному по перпендикуляру к контакту, в случае значительной мощности рудного тела, когда сечение его может рассматриваться как слой практически бесконечный. Положение контакта рудного тела и вмещающих пород определяется по точке, в которой интенсивность гамма-излучения равна половине значения гамма-активности над рудным телом.

Когда мощность тела практически меньше бесконечной, максимальное значение интенсивности гамма-излучения ( $J_{max}$ ) по пересекающему профилю измерений не достигает значения ( $J_{\infty}$ ), соответствующего слою бесконечной мощности. В этом случае для определения положения контакта рудного тела с вмещающими породами можно воспользоваться

каким-либо постоянно принятым значением интенсивности гамма-излучения в долях  $J_{max}$ , например  $\frac{J_{max}}{n}$ . Расстояние от точки, в которой  $J=J_{max}$ , до точки, где  $J=\frac{J_{max}}{n}$ , является функцией мощности пласта.

Вид этой функции может быть определен эмпирически и ее значения для различных  $\Delta x$  даются в виде таблицы или графика, пользуясь которыми определяют мощность рудного тела по профилю. После этого не представляет труда установить положение границы тела, учитывая, что середина сечения совпадает с точкой  $J_{max}$ .

Надо иметь в виду, что практически бесконечной мощностью пласта, при которой можно определять положение контакта по значению интенсивности гамма-излучения  $J = \frac{1}{2} J_{max}$ , является мощность, превышающая 50—70 см (в зависимости от плотности руды и характера излучателя). Оценка того, каким из методов определять положение контактов рудного тела с вмещающими породами, производится на основании сопоставления расстояния между точками, в которых  $J = \frac{1}{2} J_{max}$ , с этими критическими значениями.

Вид кривой изменения гамма-активности по профилю, пересекающему тело малой мощности, с указанием положения контактов, представлен на рис. 101. Слабо оруденелые и безрудные участки, пересекаемые профилем измерения гамма-активности, в пределах контура рудного тела выделяются на кривой как минимумы интенсивности гамма-излучения. При небольшом их числе оценка мощности может быть выполнена тем же

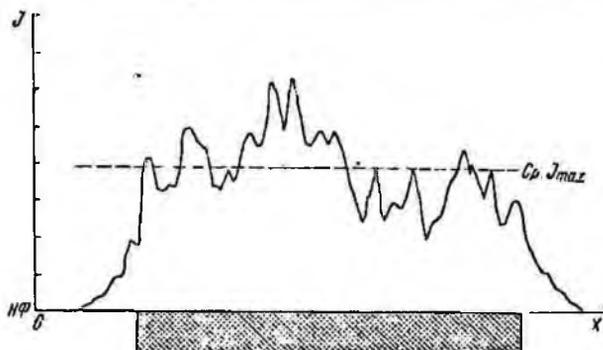


Рис. 102. Профиль гамма-съемки, пересекающий слой с неравномерным распределением активных элементов  
 НФ — натуральный фон; ОХ — линия профиля;  $J$  — интенсивность гамма-излучения; штриховкой показан слой повышенной активности

приемом, что и определение положения границы маломощных тел. Случай, когда количество таких минимумов, осложняющих характер кривой, велико, а мощность безрудных прослоев, обуславливающих эти минимумы, невелика, и они не могут быть практически учтены при разработке месторождения, соответствует неравномерному распределению полезного компонента в рудном теле (рис. 102). В качестве значения интенсивности гамма-излучения, соответствующего слою бесконечной мощности ( $J_{\infty}$ ), следует принять среднее значение. При этом положение контактов руды и вмещающих пород определяется по значению  $J = \frac{1}{2} J_{cp}$  (см. рис. 102).

Интенсивность гамма-излучения руд используется также для определения содержания радиоактивного компонента в руде путем пересчета активности излучения в проценты содержания с помощью коэффициентов пересчета, определенных опытным путем. При сложном строении рудного тела — наличии нескольких рудных прослоев, разделяемых слабооруденелыми или безрудными участками, — определение содержания следует проводить для каждого из прослоев.

Если рудные тела месторождения не имеют четко выраженных границ и концентрация полезного ископаемого постепенно понижается от руды до вмещающих пород, то при равномерном распределении радиоактивного элемента в руде границу рудного тела следует проводить через точки, в которых интенсивность гамма-излучения соответствует минимально кондиционному содержанию радиоактивного элемента. Естественно, этот метод может быть использован только при больших мощностях рудных тел, превышающих критические значения для насыщенного слоя. Для маломощных тел, в которых характер изменения интенсивности гамма-излучения будет зависеть от мощности слоя и постепенного уменьшения содержания радиоактивного элемента в рудах, точное определение границы невозможно и относительные ошибки определения по кривой гамма-активности могут быть очень большими. В этом случае границы рудных тел проводятся лишь по данным химического или радиометрического анализа проб.

Если изучается месторождение, на котором рудное тело не имеет четких границ и распределение радиоактивного элемента неравномерно, то при значительной мощности рудного тела следует усреднить результаты измерения гамма-активности (см. рис. 102). Затем, пользуясь усредненной кривой изменения интенсивности гамма-излучения, определяют положение границы рудного тела и среднее содержание радиоактивного элемента в руде так же, как это рекомендовано для случая равномерного распределения радиоактивного компонента в рудном теле с отсутствием четко выраженной границы между рудой и вмещающими породами.

Когда неравномерное распределение рудного компонента представлено системой чередующихся рудных и безрудных слоев с кондиционным и некондиционным содержанием радиоактивного минерала, мощности которых меньше критических, но таковы, что они не могут в целом рассматриваться как кондиционные руды, границы рудного тела по данным измерений гамма-активности не могут быть определены с должной точностью. Так же как в случае с маломощными пластами, здесь необходимо определять границы тела и контура подсчета запасов по данным забойных проб.

Описанные методы оказываются вполне эффективными для месторождений с равновесными радиоактивными рудами элементов какого-либо одного из радиоактивных рядов. Для месторождений с неравновесными и комплексными рудами элементов уранового и ториевого рядов возникают дополнительные трудности. Возможности радиометрических методов в этих случаях рассматриваются в специальной литературе.

Описанные методы могут быть использованы как при разведке месторождений радиоактивных руд, так и при оконтуривании залежей руд комплексных месторождений, в которых радиоактивные элементы присутствуют в комплексе с другими металлами. Геофизические методы используются при наличии постоянного соотношения между содержаниями в руде основных промышленных компонентов и радиоактивных элементов.

Из других геофизических методов перспективным является метод изучения магнитных свойств горных пород.

Для случая значительной разности плотностей руд и вмещающих пород эффективно используется метод определения плотностей горных пород по степени поглощения гамма-излучения.

### ВЫКЛИНИВАНИЕ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рассмотренные взаимоотношения тел полезных ископаемых с вмещающими породами важны при определении контуров тел или, как иногда называют, опорных точек непосредственно по данным разведочных выработок или буровых скважин. Однако при определении общих конту-

ров тел полезных ископаемых, особенно при подсчете запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$ , необходимо учитывать закономерности их выклинивания. Вопрос о выклинивании тел полезных ископаемых тесно связан с общими структурными особенностями месторождения, его генезисом и распределением полезных компонентов.

Эти вопросы, несмотря на их большое практическое значение, до сего времени слабо разработаны.

Основные виды выклинивания тел полезных ископаемых различного генезиса могут быть представлены следующей схемой:

Магматические	Гидротермальные	Осадочные	Выветривания
а) Постепенное обеднение	а) Прекращение благоприятного пласта	а) Генетическое выклинивание (берег)	а) Разрыв коры выветривания
б) Изменение структуры	б) Дорудное нарушение или барьер	б) Последующий разрыв	б) Прекращение трещиноватости, к которой приурочивается орудение
в) Прекращение материнской породы	в) Послерудное нарушение	в) Фациальный переход	в) Прекращение материнской породы

Кроме того, для гидротермальных месторождений наблюдаются следующие виды генетического выклинивания: структурное расщепление; структурное утонение; физико-химическое выклинивание — изменение минерализации; появление дорудных брекчий.

Из приведенной схемы достаточно рассмотреть следующие основные случаи: 1) резкое выклинивание или прекращение промышленной минерализации, связанное с доминерализационными и постминерализационными нарушениями; 2) постепенное выклинивание; 3) сложное выклинивание, а также некоторые их комбинации, встречающиеся при подсчете запасов.

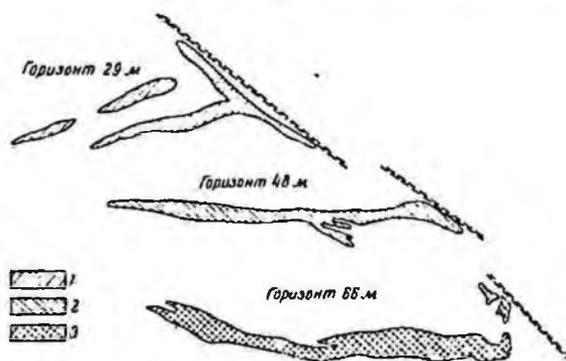


Рис. 103. Выклинивание жильных тел при встрече дорудных нарушений (по А. П. Смолну)

1, 2, 3 — сечения жильных тел на различных горизонтах; сплошной пунктирной линией обозначены дорудные нарушения

Прекращение минерализации, связанное с доминерализационными и постминерализационными нарушениями. Прекращение промышленной минерализации может быть связано с тектоническими нарушениями как дорудными, так и послерудными (рис. 103 и 134). Положение срезающих минерализацию плоскостей в пространстве обычно фиксируется на основании непосредственных наблюдений в разведочных выработках, и определение контура тела полезного ископаемого особых затруднений не вызывает.

Прекращение минерализации зависит и от других видов нарушений, например от послерудных размывов (рис. 104).

Постепенное выклинивание тел полезных ископаемых может быть обусловлено как постепенным уменьшением мощности тела по простиранию или падению, так и постепенным снижением содержания полезного компонента.

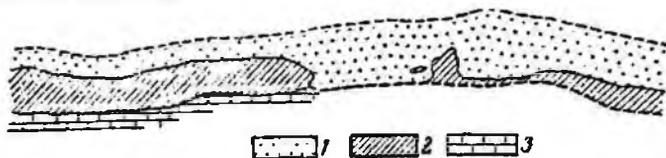


Рис. 104. Размыв железорудного пласта (зарисовка стенки штрека)

1 — пески; 2 — рудный слой; 3 — известняки

Примеры постепенного выклинивания пластообразных тел можно наблюдать на многих месторождениях железных руд, бокситов и др. Постепенное уменьшение мощности жильного тела по простиранию

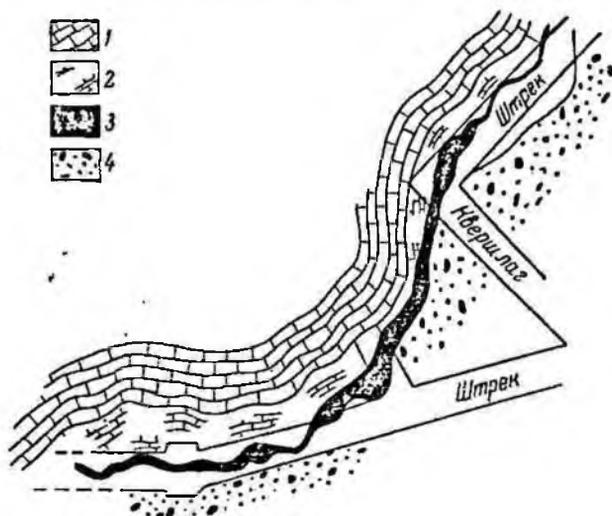


Рис. 105. Церусситовая жила. Геологический план горизонта 15 м

1 — доломиты; 2 — разрушенные флинты с прослоями разрушенного доломита и охристой глины; 3 — церуссит; 4 — охристые глины с конкрециями бурого железняка

видно на рис. 105, по падению — на рис. 106. Постепенное выклинивание линзовидных тел показано на рис. 107. В плоскости линзы выклинивание по мощности хорошо иллюстрируется проекцией изолиний мощностей (рис. 108).

Выклинивание тел полезных ископаемых неправильной формы связано с постепенным уменьшением мощности и в разрезе напоминает выклинивание линзовидных тел, однако в плане контуры их обычно значительно сложнее.

Постепенное выклинивание по содержанию полезного компонента, например, в рудных пластах, зависит от фациальной изменчивости, что нередко наблюдается на железорудных осадочных месторождениях (см. рис. 92). Рудные жилы, например, месторождений олова и вольфрама, на глубоких горизонтах могут переходить в безрудные тела.

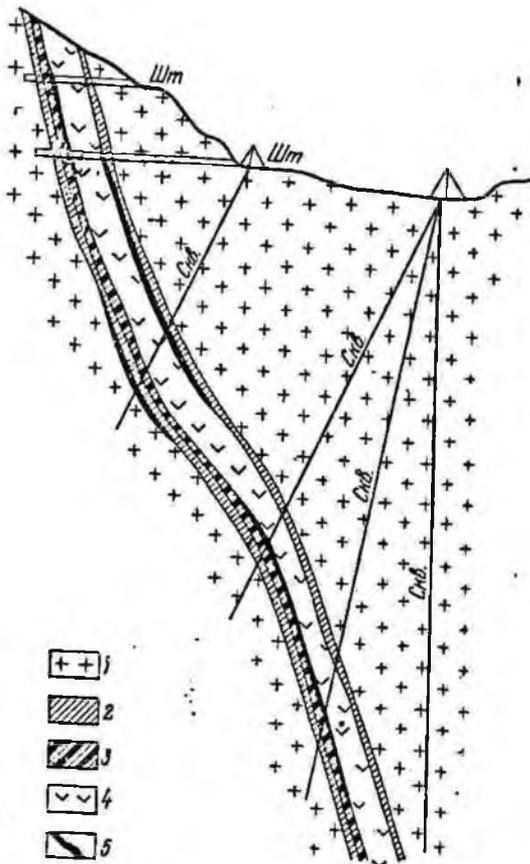


Рис. 106. Геологический разрез вкрест простирания рудных жил

1 — кварцевые порфиры; 2 и 3 — порфиры двух этапов внедрения; 4 — микропорфиты; 5 — рудные жилы

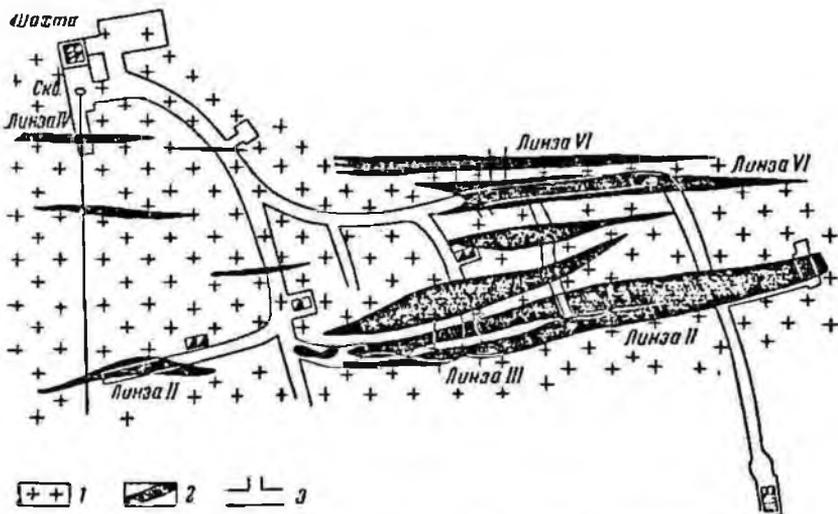


Рис. 107. Геологический план одного из горизонтов медного рудника

1 — рассланцованные андезиты с прослоями хлоритовых и серицитовых сланцев; 2 — массивный андезит; 3 — горные выработки

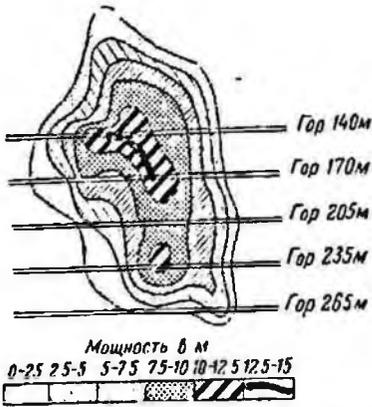


Рис. 108. Проекция изолиний мощностей медноколчеданной линзы на вертикальную плоскость

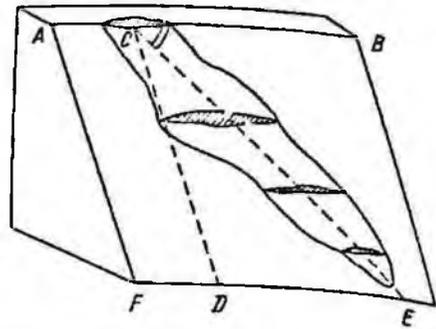


Рис. 109. Схематическое изображение линзообразного рудного тела, имеющего склонение (по П. М. Татарнинову)

AB — линия простирания; CD — линия падения; CE — линия склонения; BCE — угол склонения. Заштрихованы сечения линзы на различных горизонтах

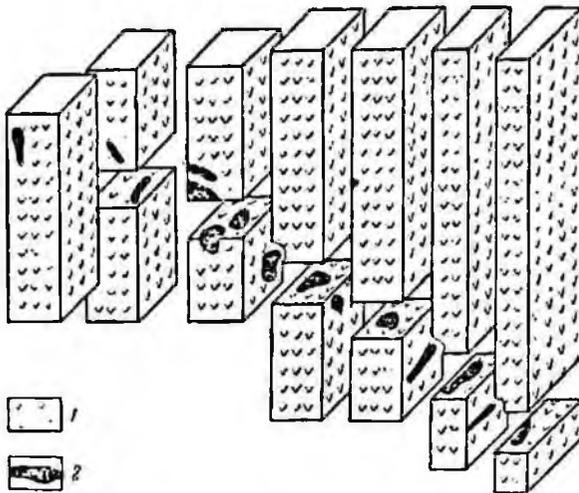


Рис. 110. Блок-диаграмма столбообразного рудного тела хромистого железняка

1 — вмещающие перidotиты; 2 — рудное тело

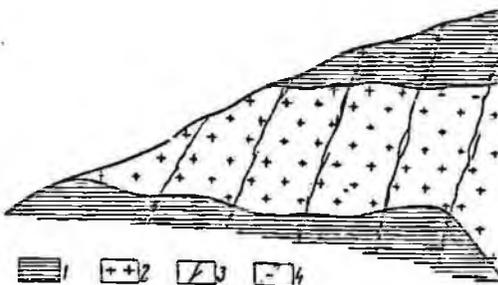


Рис. 111. Схематический разрез месторождения редких металлов

1 — сланцы; 2 — граниты; 3 — рудные жилы; 4 — кварцевые прожилки и трещины

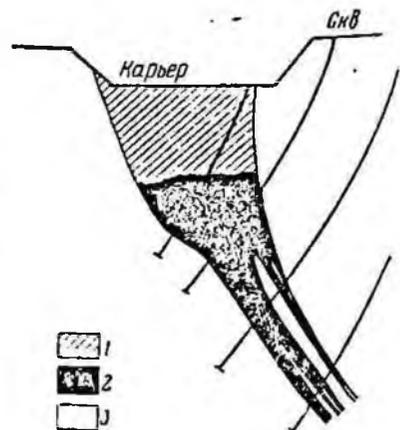


Рис. 112. Геологический разрез полиметаллической залежи по буровым скважинам

1 — окисленные свинцово-цинковые руды; 2 — сульфидные руды; 3 — вмещающие породы

Нередко можно наблюдать склонение рудных столбов или линз с промышленным оруденением или обогащенных участков, которое следует учитывать при оконтуривании и подсчете запасов (рис. 109). В жильных телах промышленные участки могут иметь форму столбов, также имеющих определенное склонение, нередко контролируемое дорудными тектоническими нарушениями. Выклинивание столбообразных тел выражается постепенным сокращением площади промышленной минерализации (рис. 110).

Сложное выклинивание тел полезных ископаемых. Виды такого выклинивания крайне разнообразны и недостаточно изучены. При сложном выклинивании тело полезного ископаемого может разветвляться или расщепляться на несколько маломощных тел, что характерно для пластообразных и особенно для жильных тел.

Сложное выклинивание может быть выражено уменьшением мощности тела полезного ископаемого с одновременным снижением содержания полезного компонента (рис. 111). Здесь резкое сокращение мощности тел полезных ископаемых связано с переходом контролирующих их тектонических нарушений из более благоприятных горизонтов вмещающих пород в менее благоприятные. При этом одновременно с резким изменением мощности тел полезных ископаемых зафиксировано изменение их вещественного состава, в частности снижение содержания полезного компонента.

Сложное выклинивание залежей неправильной формы в ряде случаев выражается расчленением или расщеплением залежей и переходом их на глубине в ряд отдельных более мелких тел (рис. 112).

Выклинивание тел с гнездовым типом минерализации и жильных зон обычно бывает весьма сложным и часто характеризуется снижением интенсивности минерализации с сохранением отдельных участков, представляющих промышленный интерес. Выклинивание каждого гнезда отдельно прослеживают только в том случае, если гнезда или шпильки имеют достаточно крупные размеры и могут представить промышленный интерес для самостоятельной их отработки. Чаще же прослеживают и разведывают определенную зону минерализации, с которой связаны промышленные гнезда или прожилки. Выклинивание зон с гнездовым характером минерализации может выражаться уменьшением количества гнезд и сокращением их размеров до полного перехода во вмещающие породы. Выклинивание жильных зон может происходить в результате постепенного снижения интенсивности минерализации, сокращения мощностей отдельных прожилков и уменьшения их количества. Граница промышленных участков в этом случае часто определяется степенью насыщенности жильной минерализованной массой вмещающих пород зоны.

Приведенные примеры выклинивания далеко не исчерпывают всего разнообразия этого важного явления и лишь наглядно показывают необходимость специального его изучения.

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХАРАКТЕРА ВЫКЛИНИВАНИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Геофизические методы изучения характера распределения полезного компонента в минеральном сырье в некоторых случаях с успехом могут быть использованы при выяснении закономерности выклинивания тел полезных ископаемых.

Иногда характер выклинивания тела полезного ископаемого определяется структурно-фациальными условиями образования месторождений, дорудной и пострудной тектоникой, существованием барьеров, размывом продуктивной толщи, ограничением в распространении материнских пород и пр. Геофизические исследования иногда могут выявить эти

определяющие факторы даже тогда, когда сами тела полезных ископаемых непосредственно методами разведочной геофизики не выделяются.

Ниже приводятся две категории случаев эффективного использования геофизических методов для решения подобных задач: 1. Геофизические аномалии соответствуют телу полезного ископаемого. 2. Геофизические аномалии отображают факторы, определяющие характер и закономерность ограничения тел полезных ископаемых.

1. Геофизические аномалии соответствуют телу полезного ископаемого. Определяя характер ограничения тела полезного ископаемого и закономерности выклинивания последнего, следует иметь в виду, что в геофизическом отношении при исследованиях с поверхности земли решение этой задачи в горизонтальном и вертикальном направлениях представляется существенно различным. Во всех случаях изучения естественных физических полей при определении характера ограничения тела в горизонтальном направлении часть пунктов наблюдений, которые обычно производятся по профилям, нормальным к линии ограничения тела, находится по одну сторону изучаемой границы (над телом), а часть — по другую (над вмещающими породами), линия же наблюдений пересекает границу раздела. В итоге наблюдений устанавливается характер изменения аномальной функции над пересекаемой границей, анализ выявленного изменения оказывается достаточным для решения поставленной задачи. В таких случаях с успехом применяются: магниторазведка, гравиразведка, метод заряженного тела, радиоактивные методы (гамма-съемка и эманационная съемка).

В случае ограничения тела полезного ископаемого по вертикальному направлению все расположенные по поверхности пункты наблюдений находятся по одну сторону этой границы, поэтому данные перечисленных методов могут оказаться недостаточными для выяснения характера ограничения тела полезного ископаемого по вертикали.

Для изучения ограничений тел полезных ископаемых по вертикальному направлению, характера кровли и подошвы таких тел, как правило, приходится применять те геофизические методы, в которых исследуются особенности распространения в горных породах силовых потоков и волн, пересекающих контакты тел полезных ископаемых и вмещающих пород. К этой группе методов относятся сейсморазведка и некоторые разновидности электроразведки.

Значительное различие выяснения характера ограничения тел полезных ископаемых геофизическими методами по горизонтальному и вертикальному направлениям приводит к тому, что решение этих задач рассматривается отдельно.

*Определение ограничения тела полезного ископаемого в горизонтальном направлении*, когда это ограничение достаточно резко сводится к определению положения вертикальной границы продуктивного слоя и не представляет больших трудностей. Примеры подобного рода задач и соответствующие геофизические аномалии показаны на рис. 113, 114, 115. Для практических целей подсчета запасов граница определяется по приведенным кривым функций и градиентов с достаточной степенью точности. Точность зависит от разности физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также отношения мощности тела полезного ископаемого к глубине его залегания. Чем больше эти величины, тем проще и точнее устанавливается положение контакта. Используя кривые градиентов измеряемых функций, границы постепенного выклинивания, в отличие от резкого ограничения, в большинстве случаев удается наметить только приближенно. Влияние выклинивания пласта по мощности на характер гравитационной аномалии изображено на рис. 116. Сопоставляя кривые для различных случаев выклинивания с кривой для резкого ограничения (вертикальный

контакт), легко установить, что в рассматриваемом случае практически нельзя не заметить разницы кривых, начиная с угла в  $70^\circ$ , что соответствует отношению (около  $1/3$ ) длины возможно пропускаемой зоны выклинивания к мощности тела. Аналогичным образом могут быть определены пределы возможных ошибок во всех случаях такого рода.

Основной трудностью при изучении постепенного закономерного выклинивания тела полезного ископаемого в горизонтальном направлении геофизическими методами является выяснение природы наблюдаемого выклинивания. В геофизическом отношении практически неразделимы выклинивание путем уменьшения мощности тела от выклинивания путем

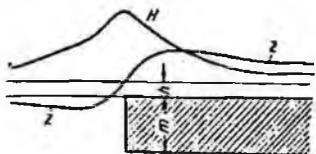


Рис. 113. Изменение аномального магнитного поля по профилю, пересекающему вертикальный контакт магнитного рудного тела вкрест простирания

$H$  — горизонтальная составляющая магнитного поля;  $Z$  — вертикальная составляющая магнитного поля;  $h$  — глубина залегания кровли тела,  $m$  — мощность тела

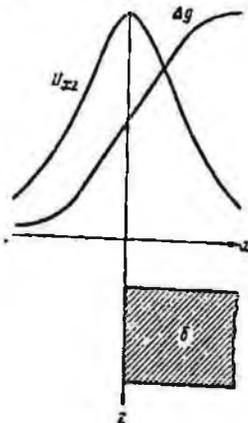


Рис. 114. Изменение аномального гравитационного поля по профилю, пересекающему вертикальный контакт тела полезного ископаемого

$\Delta g$  — ускорение силы тяжести;  $U_{xz}$  — горизонтальный градиент ускорения силы тяжести по направлению профиля;  $\delta$  — избыточная плотность тела по отношению к вмещающим породам

уменьшения содержания ценных компонентов в нем, т. е. путем уменьшения разности физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. Разделение аномалий в этом отношении только геофизическими методами невозможно. Для выяснения этого необходимо проведение буровых скважин или разведочных выработок.

Однако и в этих случаях изучение характера выклинивания при использовании геофизических методов возможно значительно более редкой сетью выработок. Постоянство характера и величины геофизической аномалии, соответствующей выклиниванию объекта по разным направлениям, должно рассматриваться как достаточно надежное свидетельство в пользу устойчивости выявленной закономерности выклинивания. Следовательно, есть все основания использовать геофизические методы для изучения степени изменчивости выявленных закономерностей выклинивания с последующей проверкой разведочными выработками только тех участков, которые характеризуются соответствующими изменениями (рис. 117), и значительно более редким контролем зоны выклинивания на остальных участках.

Учитывая трудность изучения сложных объектов с помощью только разведочных выработок, применение геофизических исследований для направления разведочных буровых и горных работ может оказаться очень эффективным (рис. 118). Необходимо учитывать,

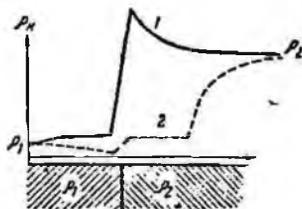


Рис. 115. Изменение кажущегося электрического сопротивления горных пород при пересечении профилем вертикального контакта

1 — кривая при установке  $AMN$ ; 2 — кривая при установке  $MNB$

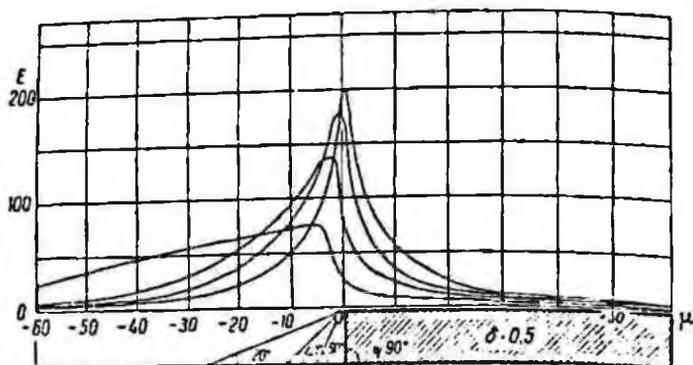


Рис. 116. Изменение аномалии градиента ускорения силы тяжести в зависимости от характера выклинивания тела полезного ископаемого (от угла выклинивания)

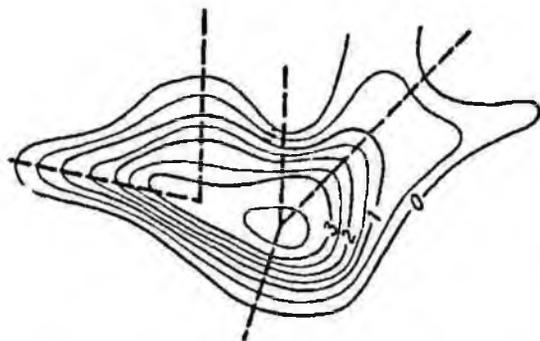


Рис. 117. Геофизическая аномалия над телом, характеризующимся различным характером выклинивания по разным направлениям

Пунктиром показаны направления, по которым должен быть изучен характер выклинивания, с тем чтобы обосновать интерполяцию в интервалах между этими направлениями по геофизическим данным

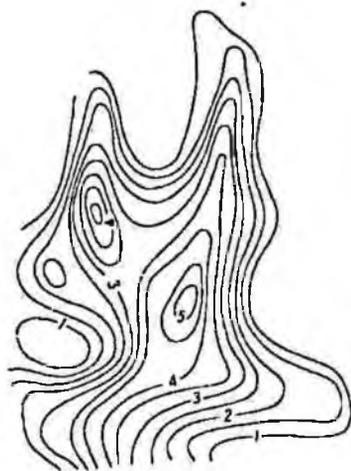


Рис. 118. Пример аномалии, характеризующий сложный и изменчивый тип выклинивания тела полезного ископаемого в горизонтальном направлении

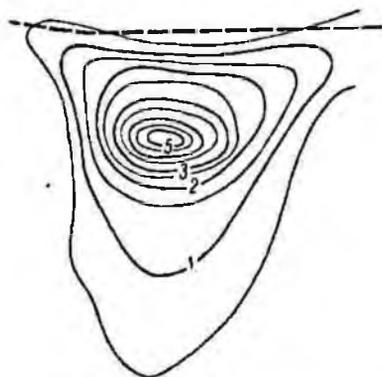


Рис. 119. Пример геофизической аномалии над телом, ограниченным дорудным нарушением (?). Пунктиром показано предполагаемое направление нарушения

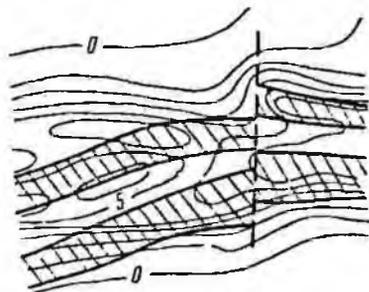


Рис. 120. Пример отображения в геофизической аномалии нарушения рудных пластов сдвигом меридионального простирания

что для однозначного истолкования данных геофизики, даже качественного, нужна большая детальность геофизических исследований и более широкое применение их в комплексе буровых и особенно горных работ.

Геофизические методы могут помочь также при проведении границ тел, ограниченных дорудным или пострудным нарушением. Наиболее типичным признаком в таких случаях следует принять резкий характер градиентов по одному из направлений аномалии (рис. 119).

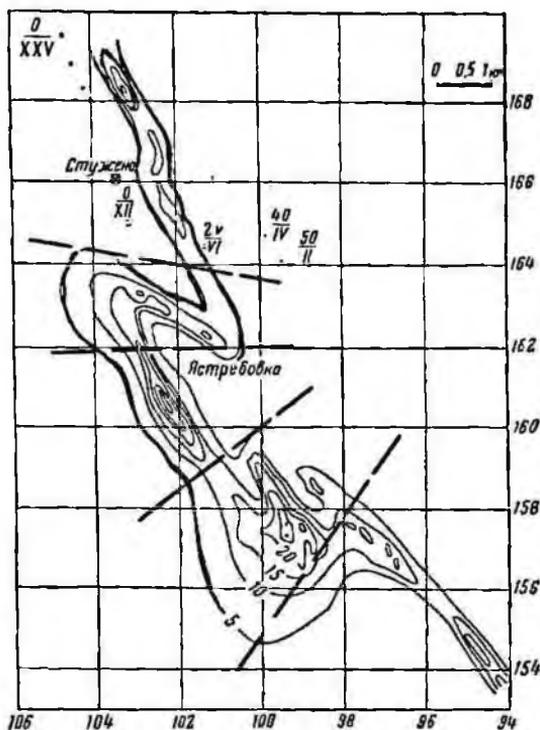


Рис. 121. Пример сложного случая расчленения тела полезного ископаемого несколькими нарушениями. Пунктирными линиями показаны предполагаемые направления нарушений

Пострудные нарушения геофизически представляются в виде двух или нескольких близко расположенных аномалий, соответствующих частям расчлененного нарушением тела полезного ископаемого. В зависимости от особенностей залегания тела, характера и амплитуды нарушений общность аномалий, соответствие их частям одного первичного тела, проявляется более или менее четко (рис. 120).

На рис. 121 представлен пример более сложного случая.

Определение ограничения тела полезного ископаемого по вертикальному направлению представляет для геофизических исследований значительно большие трудности и с необходимой точностью может проводиться в случае резкого характера выклинивания объекта, практически только методами сейсморазведки и электроразведки (ВЭЗ).

Необходимым условием для успешного использования геофизических методов в этом случае является значительное различие физических свойств полезного ископаемого от покрывающих и подстилающих пород

и значительная мощность тела полезного ископаемого, достаточная для выделения его кровли и подошвы как самостоятельных границ.

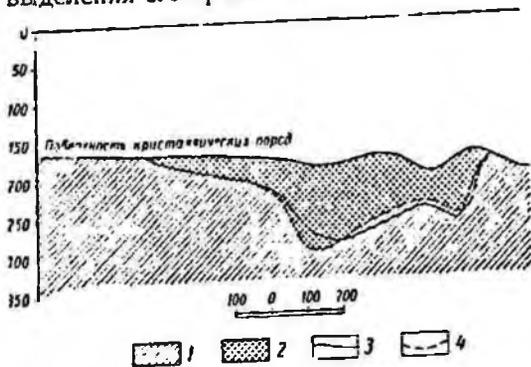


Рис. 122. Пример выделения подошвы тела полезного ископаемого методом сейсморазведки (по Г. А. Гамбурцеву и В. С. Никонову)

1 — вмещающие породы; 2 — тело полезного ископаемого; 3 — границы тела по данным сейсморазведки; 4 — границы тела по результатам последующих разведочных скважин

род и приурочено к депрессиям в толще плотных пород, подстилающих полезное ископаемое; например, руда представляет продукт выветривания коренных пород, подошва которых совпадает с границей зоны выветривания. В подобных случаях положение подошвы тела полезного ископаемого обычно определяется также, как кровля под толщей наносов.

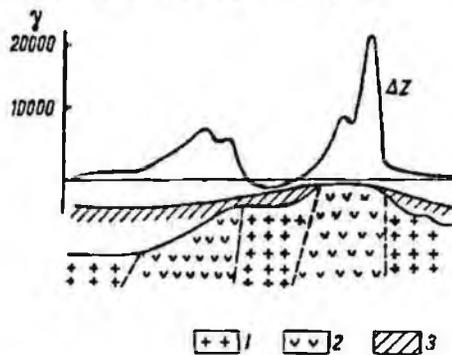


Рис. 123. Пример выделения массива основных пород по данным геофизических исследований (по А. А. Логачеву)

1 — интрузивные породы, слабомагнитные; 2 — основные и ультраосновные породы; 3 — метаморфические породы

Иногда при благоприятном сочетании мощностей горизонтов и их физических свойств удается зафиксировать как нижнюю, так и верхнюю границы между телом полезного ископаемого и подстилающими и перекрывающими его породами (рис. 122).

2. Геофизические аномалии отображают факторы, определяющие характер и закономерность ограничения тел полезных ископаемых. К этой категории относятся: прекращение материнской породы, прекращение благоприятного пласта, выклинивание залежи, обусловленное нарушением, разрывом толщи, к которой приурочено месторождение.

*Прекращение материнской породы*, когда она по физическим свойствам достаточно резко отличается от других пород и выделяется соответствующей ей геофизической аномалией, успешно выявляется геофизическими методами. Например, на рис. 123 четкой геофизической анома-

лией выделяется массив основных пород (змеевиков), к которому приурочено никелевое оруденение. Непосредственно рудные тела геофизически не выделяются. Однако наличие общего контура распространения пород, контролирующего оруденение, позволяет считать, что ни одно рудное тело не может простираться за пределы этого контура.

Другой случай, когда рудные тела залегают в карбонатных породах и приурочены к контакту их с глинистыми породами, представлен рис. 124. В левой части рисунка карбонатные фации сменяются глинистыми. Благоприятные условия для рудообразования этой части полосы контакта отсутствуют и там не следует ожидать наличия рудных тел. Рассматривая приведенные на рисунке кривые электрического профилирования, имея в виду, что карбонатные породы в данном случае характеризуются весьма резко меняющимися и в целом более высокими сопротивлениями, а породы глинистого комплекса имеют сопротивления более однородные и существенно меньшие, чем породы изверженные, можно точно восстановить, где именно находится зона оруденения. Если при этом по другим данным известно, что рудное тело распространяется в той части зоны, которая непосредственно прилегает к наметившейся границе, то оказывается возможным ориентировочно оценить место предполагаемого ограничения этого рудного тела по простиранию.

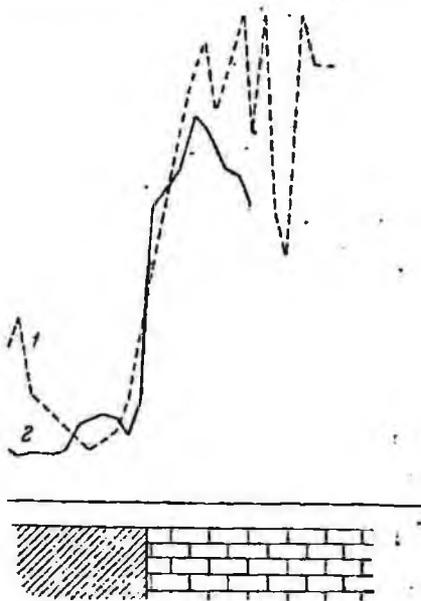


Рис. 124. Пример выделения электропрофилеграммой контакта рудовмещающих известняков и глинистых пород 1 и 2 — кривые сопротивлений по двум параллельным профилям, пересекающим контакт

Прекращение благоприятного пласта, к которому приурочено месторождение, может иметь место тогда, когда тело полезного ископаемого не возбуждает геофизической аномалии, достаточной для ее четкого выделения с поверхности. Но ее создает тот пласт коренных пород, частью которого является тело полезного ископаемого. При этом

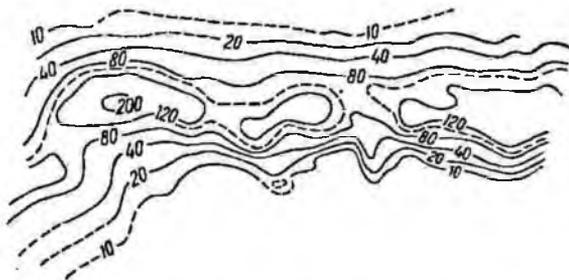


Рис. 125. Пример выделения магниторазведкой пласта материнских железистых пород

можно установить границу распространения залежи, выявив границу распространения пласта. В частном случае, когда тело полезного ископаемого в таком пласте располагается вблизи какой-либо из его границ, может быть косвенно установлено и ограничение самого тела. Примером

может служить магнитная аномалия, представленная на рис. 125 и отображающая пласт железистых пород одного из месторождений, к которому приурочены линзы богатых руд, представляющие собой восторженно измененные участки того же пласта. Сами линзы раздельно в аномальном поле не выделяются, но пласт железистых пород ограничивается совершенно четко. Как следствие, приближенно ограничиваются и возможные рудные тела.

*Выклинивание залежи, обусловленное нарушением;* геофизически не выделяются ни залежи, ни вмещающая их порода, но отчетливой аномальной линией отмечается тектоническое нарушение. Подобный пример представлен на рис. 126. Толща вмещающих пород и, возможно, некоторые тела

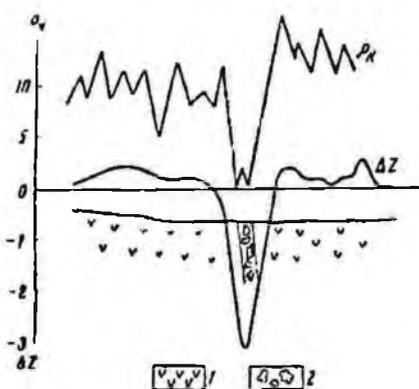


Рис. 126. Пример выделения зоны дробления

1 — вмещающие породы; 2 — зона нарушения;  $\rho_k$  — кривая сопротивлений,  $\Delta Z$  — кривая вертикальных сопротивлений магнитного поля

полезных ископаемых, положение которых не определяется по геофизическим данным, пересекаются зоной разлома, достигающей мощности 10 м и выполненной продуктами дробления и мелким глинистым материалом. По магнитным и электрическим свойствам породы зоны значительно отличаются от ненарушенных коренных пород, пересекаемых разломом. Поэтому зона дробления четко выделяется магнитной и электрической аномалиями. Определить точно границу рудного тела нельзя, так как оно не фиксируется по данным геофизических исследований, и полученные сведения дают возможность установить только крайний предел возможного простирания его.

*Размыв толщи, к которой приурочено полезное ископаемое,* обычно исследуется сейсмическими методами преломленных или отраженных волн, реже эти методы применяются совместно. Пример последнего представлен на рис. 127. Поверхность исследуемых палеозойских пород представляет поверхность эрозии, причем на одних участках древняя кора

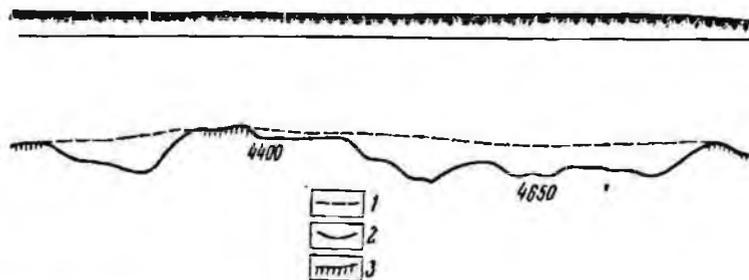


Рис. 127. Пример выделения зоны выветривания сейсморазведкой (по А. И. Дюкову и В. Т. Троянскому)

1 — поверхность эрозии выветривания по отраженным волнам; 2 — подошва той же зоны по методу преломленных волн; 3 — участки, где зоны выветривания нет

выветривания сохранилась, на других — нет. В процессе исследования выяснилось, что отражающей границей является ныне существующая поверхность палеозоя, независимо от того, представлена она неразрушенными породами или продуктами выветривания. Выделяемые преломления

упругих волн установлены только на поверхности неразрушенных палеозойских пород. Там, где эти границы совпадают, кора выветривания отсутствует, где расходятся — кора выветривания четко выделяется. Если к какой-либо части выветрелой зоны приурочены полезные ископаемые, то, очевидно, распространение их ориентировочно может быть ограничено.

Возможности геофизических методов в изучении характера выклинивания тел полезных ископаемых для некоторых случаев весьма значительны, использование их может рационализировать разведку месторождений и оказать помощь при оконтуривании тел полезных ископаемых.

---

## ГЛАВА VII

# ОКОНТУРИВАНИЕ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ПРЕДЕЛАХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

### Общие сведения

От правильности оконтуривания в значительной степени зависит достоверность промышленной оценки месторождения и его перспектив.

В зависимости от разведанности месторождения (или его части) подсчетный контур может быть построен либо в пределах площади, освещенной разведочными выработками, либо экстраполирован за пределы разведочных выработок. Запасы, оконтуренные разведочными выработками, обычно относятся к высоким категориям А и В и только на некоторых сложных месторождениях редких металлов — к категории С<sub>1</sub>. Запасы, оконтуренные за пределами разведочных выработок, относятся к категориям С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, только на некоторых простых месторождениях частично — к категории В.

Различают следующие виды контуров:

1. Нулевой, характеризующий полное окончание (выклинивание) тела полезного ископаемого. Он строится путем соединения крайних внешних точек, в которых мощность тела или содержание полезного компонента равно нулю.

2. Промышленный, отделяющий промышленные участки тела полезного ископаемого от непромышленных, который определяется понятиями «минимальная промышленная мощность и минимальное промышленное содержание». Этот контур проводится через точки, характеризующиеся наименьшими промышленными значениями показателей, т. е. точки с минимальной мощностью, минимальным промышленным содержанием или же минимальными значениями метропроцента. Для золоторудных месторождений последний показатель заменяется иногда метрограммом. Определение положения контура промышленного минерального сырья имеет наибольшее значение при подсчете запасов, поэтому ниже рассматриваются в основном приемы определения этого контура.

3. Сортовой, разделяющий различные сорта минерального сырья внутри общего промышленного контура. Он проводится по точкам, характеризующим границы распределения различных сортов минерального сырья. Способы определения опорных точек аналогичны способам определения опорных точек промышленного контура и отдельно не рассматриваются.

4. Внутренний контур интерполяции, проведенный через крайние разведочные или эксплуатационные выработки, расположенные на площади подсчета запасов.

5. Внешний, проведенный за пределами крайних выработок или проб, расположенных по периферии площади подсчета запасов (рис. 128). При этом различают: а) внешний контур ограниченной экстраполяции, если за пределами кондиционных выработок имеются выработки некондиционные; б) внешний контур неограниченной экстраполяции, если за пределами кондиционных выработок других выработок нет.

Оконтуривание тел полезных ископаемых заключается в производстве двух последовательных операций: а) в установлении опорных точек контура по естественным обнажениям, горным выработкам, скважинам и другим данным; б) в проведении через опорные точки линий контура.

При любом из основных методов подсчета запасов оконтуривание тел полезных ископаемых производится на планах, проекциях или разрезах. Фактическим материалом для оконтуривания являются данные отдельных разведочных выработок; чтобы правильно оконтурить тело в плане или на разрезе, необходимо рассмотреть способы и приемы определения контуров тела полезного ископаемого в пределах отдельной выработки.

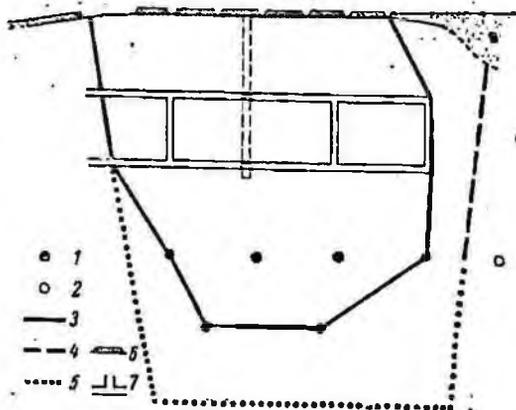


Рис. 128. Оконтуривание крутопадающего тела полезного ископаемого для подсчета запасов на вертикальном продольном разрезе

1 — скважины, пересекающие тело полезного ископаемого; 2 — скважины, показавшие отсутствие тела полезного ископаемого; 3 — внутренний контур интерполяции; 4 — внешний контур ограниченной экстраполяции; 5 — внешний контур неограниченной экстраполяции; 6 — наносы, вскрытые канавы; 7 — горные выработки

### Определение контуров тел полезных ископаемых в пределах отдельных разведочных выработок

При определении контуров тела полезного ископаемого в пределах отдельно взятой выработки за основу принимают характер распределения полезного компонента и взаимоотношение его с вмещающими породами. Как указано выше, можно выделить следующие основные случаи:

а) тела полезных ископаемых имеют четкие границы при равномерном распределении полезного компонента; б) тела полезных ископаемых имеют четкие границы при неравномерном распределении полезного компонента; в) тела полезных ископаемых не имеют четких границ; распределение полезного компонента равномерное; г) тела полезных ископаемых не имеют четких границ; распределение полезного компонента неравномерное.

Разведочные выработки обычно либо пересекают тело полезного ископаемого по мощности, либо непрерывно прослеживают его по простиранию или падению. В последнем случае разведочная выработка может вскрывать или не вскрывать полную мощность тела. С целью вскрытия полной мощности проходят специальные выработки — орты или короткие скважины, данные которых используются для оконтуривания.

1. Оконтуривание в пределах выработок, пересекающих тело полезного ископаемого по мощности. При равномерном распределении полезного компонента, когда границы тела полезного ископаемого достаточно

четкие и подсчетные контуры совпадают с геологическими, опорные точки устанавливаются по данным непосредственных наблюдений в горных выработках и по образцам пород, отобранным при бурении. Промышленный характер сырья подтверждается данными опробования, причем тело полезного ископаемого должно удовлетворять условиям по содержанию полезного компонента и по мощности. Для маломощных тел промышленный характер определяется метропроцентом. В случае мощных тел, не удовлетворяющих условиям по содержанию полезных компонентов, должна быть доказана невозможность выделения обогащенных участков.

При неравномерном распределении полезного компонента в теле полезного ископаемого, когда границы последнего с вмещающими породами достаточно четкие, большое значение приобретает изученность распределения полезного компонента внутри тела. Внешние границы могут быть установлены достаточно просто непосредственными наблюдениями, но, в отличие от равномерного распределения, здесь нередко бывает необходимо выделить некондиционные прослои или «окна» внутри тела. Мощность прослоев лимитируется возможностью применения рудоразборки и устанавливается специальными условиями. Опробование тел полезных ископаемых в горных выработках часто производится бороздвым методом. Правильное оконтуривание в большой степени зависит от длины борозды; она должна соответствовать интервалам некондиционных участков, исключаемых из подсчетных контуров. Так, если длина борозды для одной пробы принята 2—3 м,

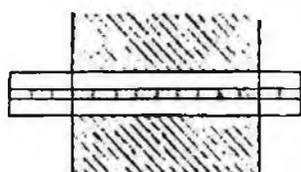


Рис. 129. Схема проведения контура тела полезного ископаемого по данным химических анализов при опробовании сплошной бороздой

1 — пробы с кондиционным содержанием полезного компонента; 2 — пробы с некондиционным содержанием полезного компонента; 3 — тело полезного ископаемого

а условиями предусматривается исключение некондиционных участков мощностью 1,0 м, многие участки, включенные в контур подсчета запасов, окажутся невыявленными и исказят качественную характеристику сырья; в частности, влияние некондиционных прослоев может привести к тому, что часть балансового сырья может быть неправильно отнесена в группу забалансовых запасов и наоборот.

При равномерном распределении полезного компонента, но отсутствии между телом полезного ископаемого и вмещающими породами четких геологических границ, последние определяются по результатам опробования. Опробование производится непрерывной бороздой и с интервалами между пробами. В первом случае контур проводится по границе последней пробы, показавшей минимальное промышленное содержание полезного компонента (рис. 129). Безрудные участки внутренней части тела включаются в общий контур или исключаются, в зависимости от их мощности и установленных кондиций. При опробовании с интервалами между пробами (задиркой, бороздой по забою, валовыми пробами и др.) граница промышленной части тела полезного ископаемого проводится между пробами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента (рис. 130). Опорные точки контура определяются способом интерполяции по формуле<sup>1</sup>

$$x = \frac{C_{\text{мин}} - C_B}{C_A - C_B} \cdot l, \quad (105)$$

<sup>1</sup> Опорные точки могут быть определены также графически или с помощью транспаранта; однако чаще эти способы используются для проведения контура между выработками.

где  $x$  — расстояние от точки  $B$  отбора пробы с некондиционным содержанием до границы тела полезного ископаемого (рис. 131);

$C_A$  и  $C_B$  — содержание полезного компонента соответственно в точках  $A$  и  $B$  (на рис. 131 величины  $C_A$  и  $C_B$  отложены в произвольном масштабе);

$C_{\text{мин}}$  — минимальное кондиционное содержание полезного компонента;

$l$  — расстояние между пробами в точках  $A$  и  $B$ .

Указанный способ основан на принципе плавного изменения показателя (в данном случае — содержания полезного компонента), поэтому при неравномерном распределении полезного компонента в теле полезного ископаемого этот способ лучше не применять.

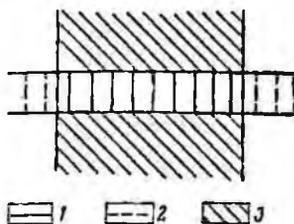


Рис. 130. Схема проведения контура тела полезного ископаемого по данным химических анализов при наличии интервалов между пробами

1 — места отбора проб (позабойных), показавших кондиционное содержание полезного компонента; 2 — места отбора проб, показавших некондиционное содержание полезного компонента; 3 — тело полезного ископаемого

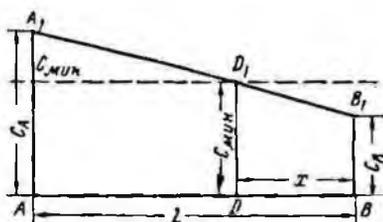


Рис. 131. Схема определения опорных точек между пробами

$AA_1$  — содержание полезного компонента в крайней кондиционной пробе, выраженное в условном масштабе ( $C_A$ );  $BB_1$  — то же в некондиционной пробе ( $C_B$ );  $AB$  — расстояние между пробами ( $l$ );  $DD_1$  — минимальное кондиционное содержание полезного компонента, выраженное в том же масштабе ( $C_{\text{мин}}$ );  $DB$  — длина отрезка  $x$ , отложенного от точки  $B$  к точке  $A$ , определяющая границу тела полезного ископаемого

При неравномерном распределении полезного компонента и при отсутствии четких границ между телом полезного ископаемого и вмещающими породами определение промышленного контура является наиболее сложным. Обычно промышленный контур в этих условиях определяют по совокупности проб на основании не только минимального промышленного, но и нижнего предела содержания полезного компонента в крайних пробах. Внешний контур тела полезного ископаемого при сплошном опробовании должен включать пробы, показавшие бортовое содержание, при условии, что среднее содержание блока находится в пределах минимального промышленного. При опробовании с интервалами, учитывая ограниченное расстояние между пробами, внешний контур тела полезного ископаемого можно проводить с достаточной точностью через середину расстояния между пробами с кондиционным и некондиционным содержанием полезного компонента также при условии, что среднее содержание по блоку будет находиться в пределах минимального промышленного.

Пример оконтуривания золотоносной россыпи по отдельным выработкам и схема части подсчетного плана приведены на рис. 132 и 133.

2. *Оконтуривание в пределах выработок, прослеживающих тело полезного ископаемого по простиранью.* При определении контура тела полезного ископаемого в выработках, прослеживающих его по простиранью или падению, кроме распределения полезного компонента в теле, необходимо учитывать характер выклинивания последнего. Непосредственно в выработках можно наблюдать резкое, постепенное и сложное выклинивание.

Скв. П ЮВ

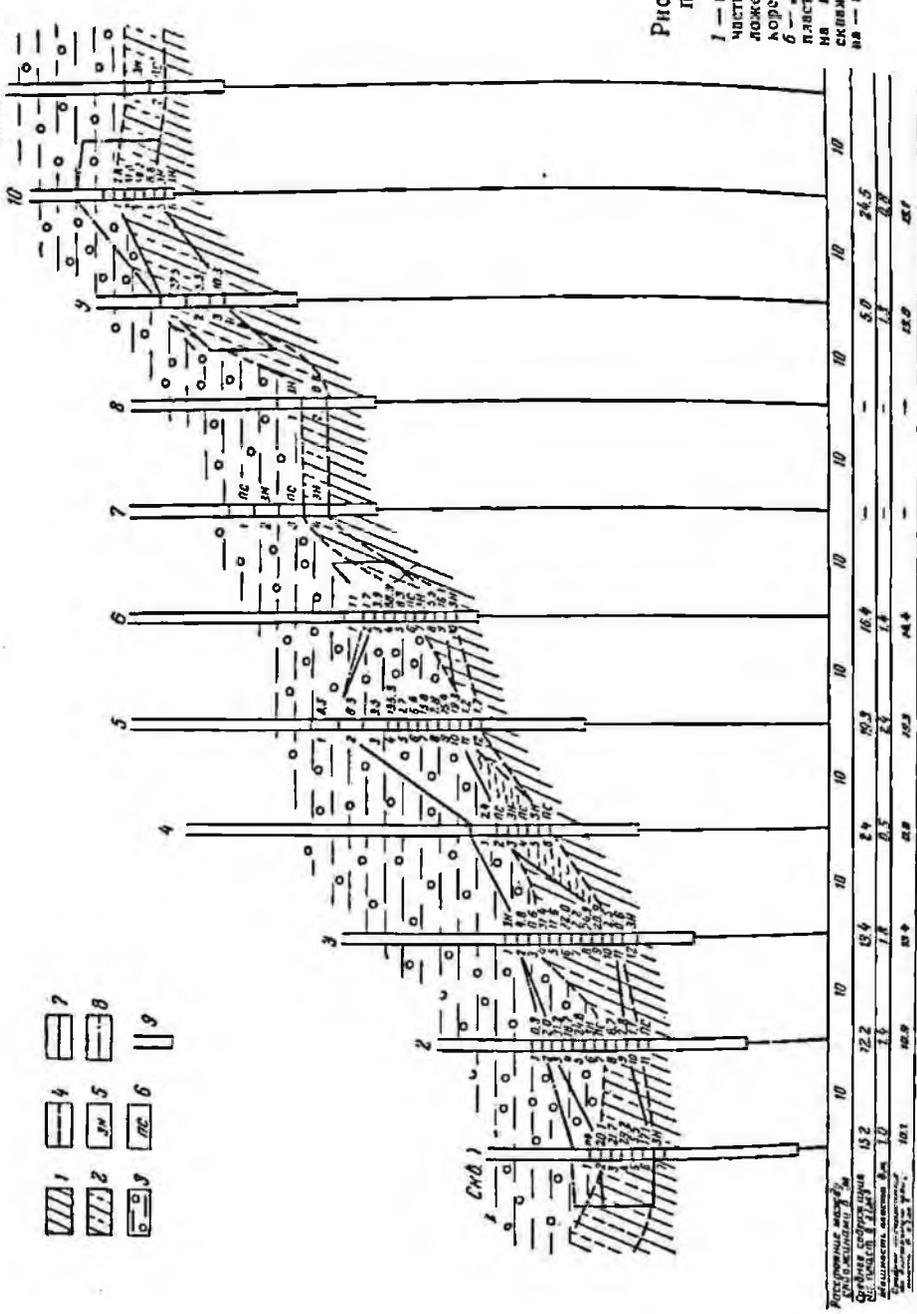


Рис. 132. Схема оконтуривания  
промышленной части россыли

1 — коренные породы; 2 — разрушенная часть коренных пород; 3 — рыхлые отложения; 4 — граница разрушенной части коренных пород; 5 — знаки золота; 6 — пусто; 7 — граница подсчета запасов пласты; 8 — граница подсчета запасов на выемочную мощность; 9 — бурные скважины; внизу — номер скважины, справа — номер пробы, справа — содержание золота в г/м<sup>3</sup>

При резком выклинивании тела полезного ископаемого контур может быть намечен независимо от характера распределения полезного компонента по данным непосредственных наблюдений. Граница подсчет-

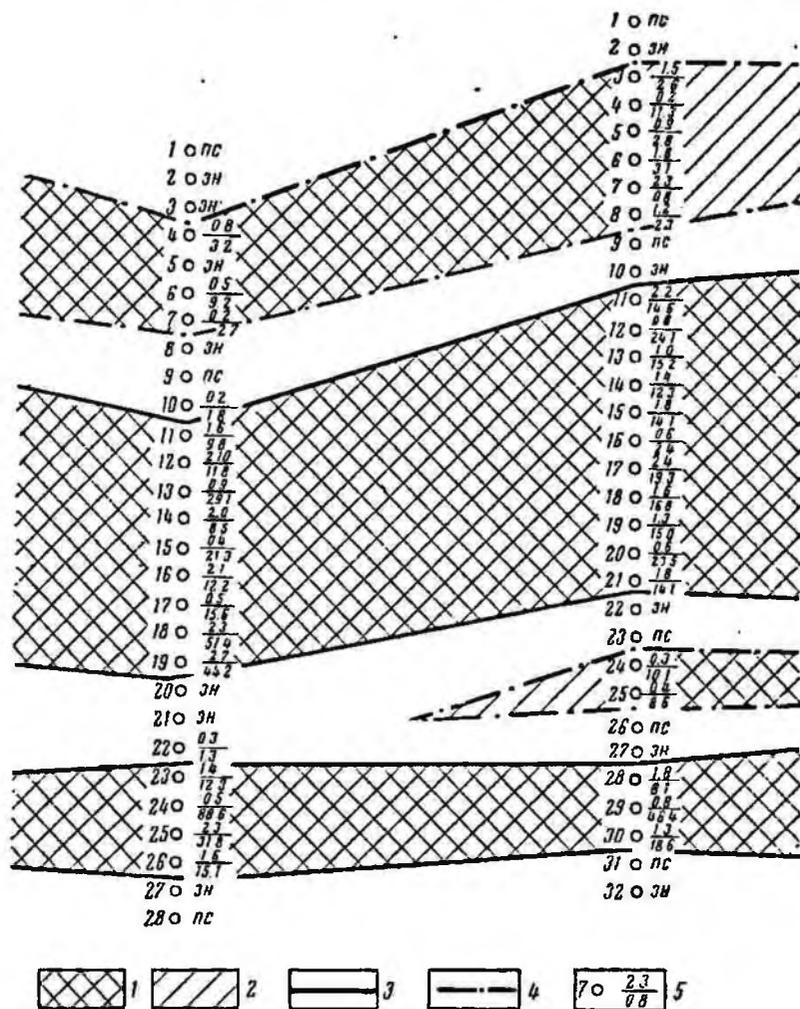


Рис. 133. Схема части подсчетного плана россыпи

1 — запасы категории В; 2 — запасы категории С<sub>1</sub>; 3 — контур балансовых запасов; 4 — контур забалансовых запасов; 5 — буровые скважины; слева — номер скважины, справа в числителе — мощность пласта в метрах, а знаменателе — содержание золота в г/м<sup>3</sup>

ного контура обычно совпадает с геологическим контуром и легко устанавливается макроскопически (рис. 134).

При постепенном выклинивании тела полезного ископаемого различают следующие три случая:

1. Постепенное снижение содержания полезного компонента до полного перехода тела полезного ископаемого во вмещающие породы при сохранении мощности тела (например, смена фаций и др.). В зависимости от принятого метода опробования при постепенном обеднении минерального сырья промышленные контуры тела полезного ископаемого определяются двумя способами: а) если выработка, прослеживающая тело полезного ископаемого по простиранию или падению, опробована непрерывной бороздой, границу тела проводят через точку конечной пробы, показавшей минимальное промышленное содержание полезного

компонента; б) если пробы отбирались через определенные интервалы (валовые, задирковые, борзодовые, по забою и др.), то граница промышленной части тела полезного ископаемого определяется способом интерполяции по формуле (105).

2. Постепенное уменьшение мощности тела при сохранении содержания полезного компонента (рис. 135). Оконтурирование тела полезного ископаемого производится либо по мощности, либо по метропроценту. Последний способ описан

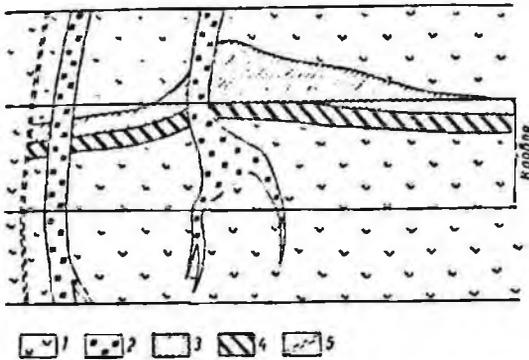


Рис. 134. Зарисовка выработки, прослеживающей тело полезного ископаемого по простиранию 1 — порфириты; 2 — дайки диабазы; 3 — кварцево-золоторудная жила; 4 — сульфидная часть жилы; 5 — тектоническое нарушение

несколько ниже. Положение границы промышленной части тела полезного ископаемого по мощности определяется по данным опробования и непосредственных наблюдений с помощью формулы

$$x = \frac{m_{\min} - m_B}{m_A - m_B} l, \quad (106)$$

где  $x$  — расстояние от точки  $B$  с некондиционной пробой до контура тела полезного ископаемого (на рис. 135 оно равно 0,6 м);

$m_A$  и  $m_B$  — мощности тела в точках  $A$  и  $B$  отбора кондиционной ( $A$ ) и некондиционной ( $B$ ) проб;

$m_{\min}$  — минимальная мощность, установленная условиями (на рис. 135 принята равной 0,5 м);

$l$  — расстояние между кондиционной ( $A$ ) и некондиционной ( $B$ ) пробами (на рис. 135 пробы 183, 184).

Кроме того, положение контура тела полезного ископаемого может быть намечено по данным непосредственных замеров мощности в выработках.

3. Постепенное уменьшение мощности тела полезного ископаемого с одновременным уменьшением содержания полезного компонента. Оконтурирование производят по минимальному метропроценту (метрограмму), установленному условиями, с помощью формулы

$$x = \frac{K_{\min} - K_B}{K_A - K_B} l, \quad (107)$$

где  $K_{\min}$  — минимальный метропроцент, установленный условиями;  $K_A$  и  $K_B$  — значение метропроцента соответственно в точках  $A$  и  $B$ ; остальные обозначения те же, что и выше.

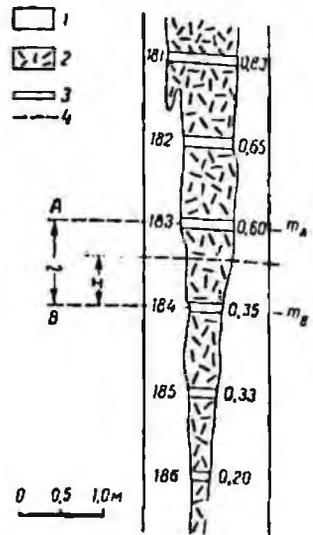


Рис. 135. Схема определения промышленного контура в выработках, прослеживающих тело полезного ископаемого по падению

1 — вмещающие породы; 2 — тело полезного ископаемого; 3 — места отбора проб; слева — номера проб, справа — мощность тела в метрах; 4 — граница промышленной части тела полезного ископаемого

Положение контура тела полезного ископаемого между двумя точками может определяться описанным ниже графическим способом или с помощью специального транспаранта. Приведенные формулы интерполяции используются только при равномерном распределении полезного компонента в теле полезного ископаемого при условии постепенного изменения мощности тела или содержания полезного компонента.

Учитывая, что расстояния между пробами обычно бывают небольшими, особенно для цветных, редких металлов и золота, можно проводить контур посередине между кондиционной и некондиционной пробами.

При неравномерном распределении полезного компонента (сложное выклинивание) контур тела полезного ископаемого намечается по совокупности проб, показавших бортовое содержание при допустимой мощности или, чаще, проб, показавших минимально допустимый метропроцент. Расположение проб не имеет существенного значения, так как обычно в контур промышленной части тела полезного ископаемого включают только кондиционные пробы и за пределы их какой-либо экстраполяции не производят.

### Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок

После определения контуров тел полезных ископаемых в отдельных выработках производят оконтуривание тел по простиранию и падению на планах, разрезах или проекциях по совокупности данных разведочных выработок. При этом различают следующие основные случаи проведения контура: 1. По опорным точкам, установленным непосредственно в выработках. 2. Между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая — некондиционными. 3. Между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая — отсутствием полезного ископаемого.

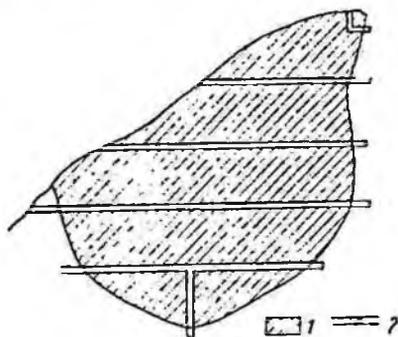


Рис. 136. Интерполирование контура тела полезного ископаемого на вертикальной проекции по данным непосредственных наблюдений  
1 — тело полезного ископаемого; 2 — горные выработки

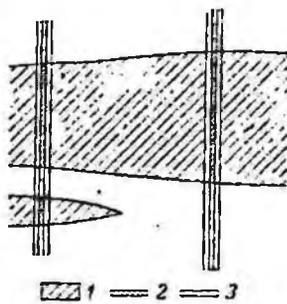


Рис. 137. Интерполирование контура тела полезного ископаемого в плане между выработками при опробовании сплошной бороздой. Контур тела опирается на кондиционные пробы  
1 — тело полезного ископаемого; 2 — кондиционные пробы; 3 — некондиционные пробы

1. *Проведение контура по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках.* При наличии четких геологических границ опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках. При оконтуривании соединяются опорные точки, установленные в выработках (рис. 136).

При отсутствии четких грани опорные точки определяются в пределах каждой выработки по данным химических анализов описанными выше способами. Установленные по выработкам опорные точки переносятся на план или разрез и соединяются между собой прямыми или плавно изогнутыми линиями с учетом условий залегания тела полезного ископаемого.

В зависимости от распределения полезного компонента и расположения проб контур тела полезного ископаемого может проходить либо по крайним кондиционным пробам (рис. 137 и 138), либо — между пробами (рис. 139), показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента (или его отсутствие).

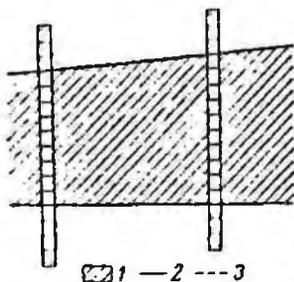


Рис. 138. Интерполирование контура тела полезного ископаемого в плане между выработками при расположении проб через определенные интервалы. Контур опирается на кондиционные пробы

1 — тело полезного ископаемого; 2 — кондиционные пробы; 3 — некондиционные пробы

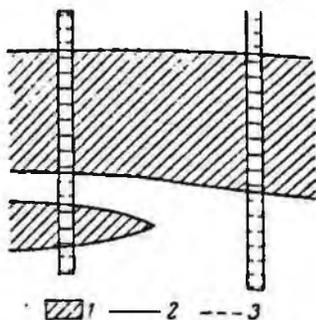


Рис. 139. Интерполирование контура тела полезного ископаемого в плане между выработками при расположении проб через определенные интервалы. Контур проведен между пробами с кондиционным содержанием полезного компонента и пробами, показавшими некондиционное его содержание или полное отсутствие

1 — тело полезного ископаемого; 2 — кондиционные пробы; 3 — некондиционные пробы

2. *Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая — некондиционными.* Способы проведения промышленного контура зависят от характера распределения полезного компонента. При равномерном распределении и постепенном изменении содержания полезного компонента опорные точки определяются обычно описанным выше способом интерполяции с использованием приведенных формул.

Положение контура тела полезного ископаемого между выработками может быть определено и графически. Для этого на профиле, плане или специальном вспомогательном чертеже, аналогичном приведенному на рис. 131, соединяют точки двух выработок, между которыми определяется положение контура, прямой линией  $AB$ . В точках  $A$  и  $B$  восстанавливают перпендикуляры, откладывают на них в условном масштабе содержание, мощность или метропроцент (в зависимости от того, какой показатель является ведущим) и соединяют верхние точки перпендикуляров прямой  $A_1B_1$ . Далее, от точки  $A$  с кондиционными показателями на линии  $AA_1$  откладывают в том же масштабе отрезок  $S_{мин}$ , равный минимальным кондициям (например, содержанию). Проведя через точку  $S_{мин}$  прямую, параллельную  $AB$ , пересекают линию  $A_1B_1$  в точке  $D_1$ . Проектируя точку  $D_1$  на прямую  $AB$ , получают точку  $D$ , указывающую положение промышленного контура тела полезного ископаемого между выработками.

При определении положения контура тела полезного ископаемого между выработками по содержанию полезного компонента или метро-

проценту применяют более простой, графический способ. На разрезе или плане соединяют прямой линией ( $AB$ ) две соседние выработки, из которых одна имеет кондиционные показатели (точка  $A$ ), а другая — некондиционные (точка  $B$ ). От точки  $A$  с кондиционными показателями восстанавливают к линии  $AB$  (рис. 140) перпендикуляр  $AC$  и на нем в условном масштабе откладывают вверх отрезок  $a$ , равный разности между фактическими показателями и минимальными кондициями. Из точки  $B$  с непромышленными показателями опускают перпендикуляр  $BE$  и на нем в том же условном масштабе откладывают отрезок  $b$ , равный разности между минимальными кондициями и фактическими показателями. Концы отрезков  $a$  и  $b$  соединяют прямой  $CE$ , последняя пересечет линию  $AB$  в точке  $D$ , которая соответствует положению границы тела полезного ископаемого, удовлетворяющей минимальным кондициям.

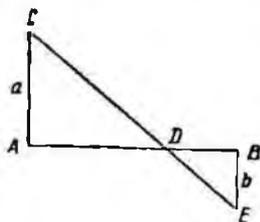


Рис. 140. Графический (второй) способ определения положения контура тела полезного ископаемого между выработками

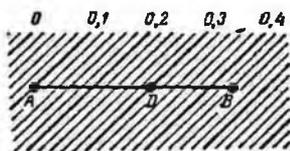


Рис. 141. Транспарант для определения положения контура тела полезного ископаемого между выработками

Положение точки  $D$  может быть определено также с помощью транспаранта, который представляет собой кальку с прочерченными на ней параллельными линиями, отстоящими одна от другой на равных расстояниях (рис. 141). Пусть содержание полезного компонента в пробе  $A$  равно  $0,1\%$ , в пробе  $B$  —  $0,44\%$ . Требуется на линии  $AB$  найти точку  $D$  с содержанием  $0,3\%$ . Накладывая транспарант на разрез или план опробования, совмещают одну из точек линии, имеющей отметку  $0,1\%$ , с точкой  $A$  плана (или разреза) опробования. К этой точке транспарант прикалывают иглой и поворачивают по направлению к точке  $B$  до тех пор, пока она не окажется на линии транспаранта с отметкой  $0,44$ . В пересечении линии  $AB$  с прямой транспаранта, отвечающей отметке  $0,3$ , получают искомую точку  $D$ .

Рассмотренные способы интерполяции могут применяться только на месторождениях с равномерным распределением полезного компонента. При неравномерном распределении или неравномерном изменении мощности нет возможности точно определить положение контура тела полезного ископаемого, так как данные отдельных проб, а также отдельных выработок недостаточно надежны. На этих месторождениях контур тела полезного ископаемого обычно проводят через середину расстояния между выработками с кондиционными и некондиционными показателями (рис. 142).

На месторождениях с крайне неравномерным распределением полезного компонента контур тела полезного ископаемого часто проводят через крайние кондиционные выработки (рис. 143). Очень редко допускают экстраполяцию за пределы выработок.

3. *Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая отсутствием полезного ископаемого.* Когда одна выработка вскрывает кондиционное минеральное сырье, а другая фиксирует отсутствие тела полезного ископаемого, при оконтуривании

используют следующие приемы в зависимости от характера выклинивания тела.

При резком выклинивании промышленный контур проводят через середину расстояния между выработками, так как точно положение выклинивания определить не представляется возможным. Мощности

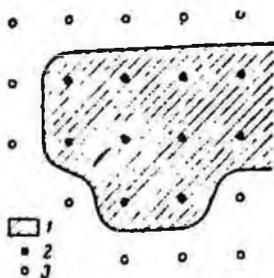


Рис. 142. Схема проведения контура тела полезного ископаемого (в плане) через середину расстояния между выработками

1 — тело полезного ископаемого; 2 — выработки с кондиционными показателями; 3 — выработки с некондиционными показателями

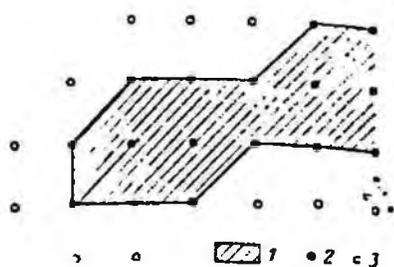


Рис. 143. Схема проведения контура тела полезного ископаемого (в плане) через крайние выработки, вскрывшие кондиционное минеральное сырье

1 — тело полезного ископаемого; 2 — выработки с кондиционными показателями; 3 — выработки с некондиционными показателями

тела, вскрытую выработкой с кондиционными показателями, следует распространить также до середины расстояния между выработками, т. е. до промышленной границы тела полезного ископаемого (рис. 144). Точность этого способа экстраполяции, или, как его часто называют «метода ограниченной экстраполяции», зависит от густоты разведочных

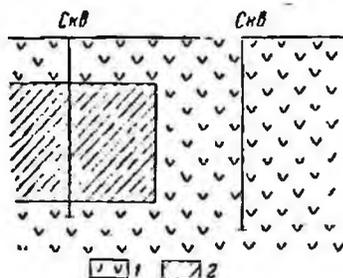


Рис. 144. Схема проведения контура тела полезного ископаемого (на разрезе) при резком выклинивании последнего через середину расстояния между выработками

1 — вмещающие породы; 2 — тело полезного ископаемого

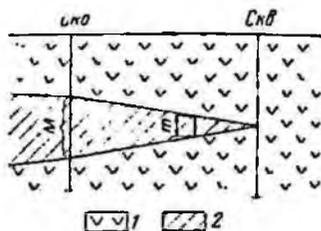


Рис. 145. Схема проведения контура тела полезного ископаемого при постепенном выклинивании последнего между двумя выработками, одна из которых, не вскрывшая тела, принимается лежащей на нулевом контуре

1 — вмещающие породы; 2 — тело полезного ископаемого;  $M$  — мощность тела, вскрытая выработкой с кондиционными показателями;  $m$  — минимальная кондиционная мощность тела в точке, местоположение которой определяется одним из способов интерполяции

выработок, степени изменчивости залежи или тела полезного ископаемого и в значительной степени от количества оконтуривающих выработок. При редкой разведочной сети и значительной изменчивости тела полезного ископаемого линия контура, полученная по этому способу, не может быть достаточно точной, и запасы приконтурных блоков относятся к низким категориям ( $C_1$  и  $C_2$ ). Исходя из этого, иногда проводят контур не через середину расстояния между выработками, а на четверти расстояния от выработки с кондиционными показателями. Последний

прием продиктован неоправданной осторожностью и не может быть рекомендован.

При закономерном, постепенном выклинивании тела полезного ископаемого опорные точки контура намечаются несколькими способами.

Нулевой контур, т. е. контур полного выклинивания полезного ископаемого проводится через крайние выработки, показавшие отсутствие его. Опорные точки подсчетного контура, т. е. контура кондиционного минерального сырья, находят одним из описанных выше способов интерполяции. В этом случае (рис. 145) построенный подсчетный контур проходит несколько ближе к выработке, показавшей отсутствие полезного компонента. В действительности выклинивание тела полезного ископаемого происходит между выработками, и прохождение нулевого контура через данную выработку может быть только случайным. Поэтому указанный способ приводит к систематической ошибке в сторону завышения запасов и не может быть рекомендован, особенно для месторождений, на которых приконтурная полоса относительно велика.

Способ оконтуривания, при котором нулевой контур тела полезного ископаемого проводят через середину расстояния между выработками, является более правильным (рис. 146). Подсчетный контур, т. е. контур кондиционного минерального сырья определяется описанными выше способами интерполяции и проходит между выработкой, встретившей промышленное сырье, и принятым нулевым контуром. На рис. 146 показана схема проведения контура по мощности тела полезного ископаемого, но аналогичные построения могут быть произведены по метропроценту и по содержанию полезного компонента.

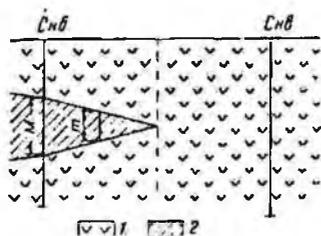


Рис. 146. Схема проведения нулевого контура через середину расстояния между выработками

1 — вмещающие породы; 2 — тело полезного ископаемого; М — мощность тела, вскрытая выработкой с кондиционными показателями;  $m$  — минимальная кондиционная мощность в точке, местоположение которой определяется одним из способов интерполяции

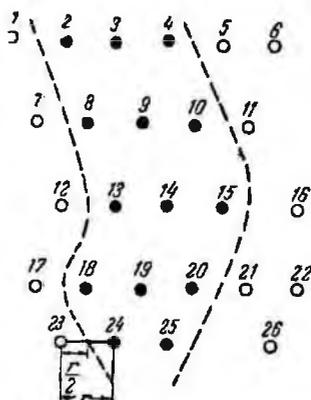


Рис. 147. Проведение нулевого контура тела полезного ископаемого (в плане) посередине расстояния между выработками

черные кружки — выработки, вскрывшие минеральное сырье; светлые — выработки, не вскрывшие сырье; пунктир — нулевой контур

В плане проведение нулевого контура между выработками показано на рис. 147. Опорные точки между выработками определяются графически как середины прямых, соединяющих крайние выработки с кондиционными и соседними некондиционными показателями. Линия, соединяющая опорные точки, будет линией нулевого контура. Выработки с некондиционными показателями, удаленные от таковых с кондиционными на значительно большее расстояние, по сравнению с принятой разведочной сетью (например, выработки 16 и 26 на рис. 147), в расчет не принимаются, если это не противоречит геологическим условиям. Определив внутренний контур путем соединения крайних кондиционных выработок при известном положении внешнего нулевого контура, находят подсчетный или промышленный контур по заданной

мощности, содержанию или метропроценту. Например, если на плане проведен внутренний контур через крайние выработки, характеризующиеся промышленной мощностью (пунктир с точками на рис. 148), и внешний нулевой контур, установленный ограниченной экстраполяцией или другим способом (сплошная линия), то построение промывающей контура залежи, отвечающего заданной минимальной промышленной мощности (например, 0,5 м), производится следующим образом: а) крайние разведочные выработки, подсекающие тело полезного ископаемого, соединяют прямыми линиями (на чертеже соответствуют внутреннему контуру); б) из вершин углов полученного вспомогательного контура восстанавливают перпендикуляры или проводят биссектрисы (рис. 148) и продолжают те и другие до пересечения с нулевым конту-

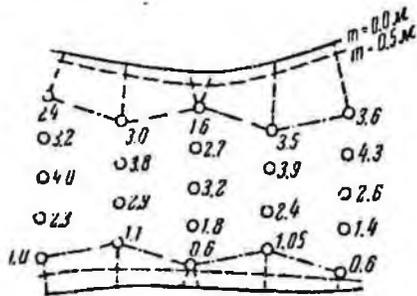


Рис. 148. Оконтуривание тела полезного ископаемого в плане по заданной минимальной промышленной мощности

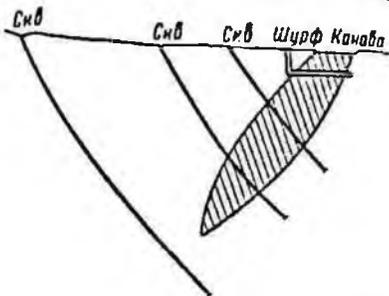
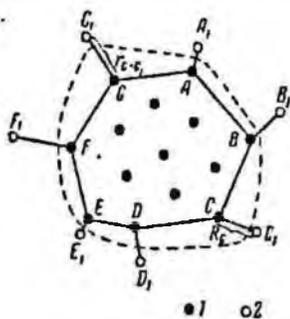


Рис. 149. Схема определения нулевого контура графическим способом при закономерном выклинивании линзовидного тела полезного ископаемого

ром ( $m = 0,0$  м); в) одним из описанных выше способов интерполяции находят на перпендикулярах и биссектрисах опорные точки, отвечающие заданной мощности (в примере 0,5 м); г) соединив эти точки линиями, получают искомый контур ( $m = 0,5$  м), показанный на чертеже простым пунктиром.



ние между крайними выработками с кондиционными и некондиционными показателями:

$$m_{cp} = \frac{m_a + m_b + \dots + m_n}{n}, \quad (108)$$

$$r_{cp} = \frac{r_A - A_1 + r_B - B_1 + \dots + r_n - n_1}{n}, \quad (109)$$

где  $n$  — число кондиционных выработок.

Принимая в среднем выклинивание тела полезного ископаемого на расстоянии  $\frac{r_{cp}}{2}$  от контура, проведенного через крайние выработки с кондиционными показателями, определяя средний угол выклинивания (рис. 151) по формуле

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{m_{cp}}{2}}{\frac{r_{cp}}{2}} = \frac{m_{cp}}{r_{cp}}. \quad (110)$$

Отсюда расстояние от какой-либо выработки  $A$  до точки выклинивания тела полезного ископаемого, расположенной на линии между выработкой  $A$  с кондиционными и выработкой  $A_1$  с некондиционными показателями, будет равно

$$R_A = \frac{m_A}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}, \quad (111)$$

где  $m_A$  — мощность тела полезного ископаемого (или содержание полезного компонента) в выработке  $A$ .

Соединив найденные точки линиями, получают нулевой контур.

Положительной стороной этого приема является учет мощности тела, вскрытой крайней выработкой, и, возможно, некоторое уточнение подсчетной площади. Правда, поскольку запасы приконтурной полосы обычно относят к низким категориям ( $C_1$  и  $C_2$ ), некоторое уточнение размеров площадей не является существенным.

Описанные примеры оконтуривания тела полезного ископаемого обычно применяются для определения положения контура не только между разведочными выработками, но и между разведочными разрезами (линиями). Так, А. А. Крениг, А. А. Розин и К. Л. Пожарицкий [1940] указывают на то, что, если верхняя разведочная линия на россыпи устанавливает кондиционное промышленное содержание золота, а нижняя — некондиционное, то промышленную границу россыпи можно определить графически одним из описанных выше способов на основе данных совокупности разведочных выработок. Ширина участка при оконтуривании определяется шириной россыпи с промышленным содержанием золота в верхней линии и шириной, на которой выработки показали хотя и непромышленное, но заметное содержание по нижней линии. Аналогично поступают при оконтуривании по мощности.

### Неправильные приемы оконтуривания тел полезных ископаемых

Ниже приводятся наиболее характерные и часто встречающиеся случаи неправильного оконтуривания в пределах разведочных выработок.

1. При определении положения контура тела полезного ископаемого между двумя выработками нельзя допускать искусственного увеличения мощности, так как это приводит к необоснованному увеличению запасов.

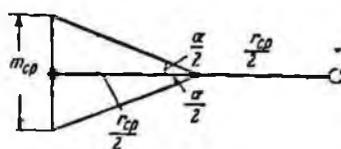


Рис. 151. Определение среднего угла выклинивания

черный кружок — выработка, вскрывшая тело полезного ископаемого; светлый — выработка, не вскрывшая тело полезного ископаемого

Такое увеличение может получиться в результате неправильной интерполяции мощности тела полезного ископаемого (рис. 152), где мощность  $m_4$ , полученная графическими построениями, значительно превосходит пересеченные выработками фактические мощности  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$ . Очевидно, следовало рассматривать одно тело только в пределах контуров  $m_1 - m_3$  (или  $m_1 - m_2$ ), а  $m_2$  (или  $m_3$ ) — как новое тело, параллельное первому.

2. Отдельные самостоятельные пласты, пропластки и тела полезных ископаемых, разделенные между собой значительными некондиционными интервалами, нельзя объединять в единое тело. В практике такое объединение получило название «прессование». Сущность этого способа заключается в том, что мощности отдельных тел полезных ископаемых (рис. 153) суммируются; на плане изображается единая залежь значительной мощности, запасы которой и подсчитываются.

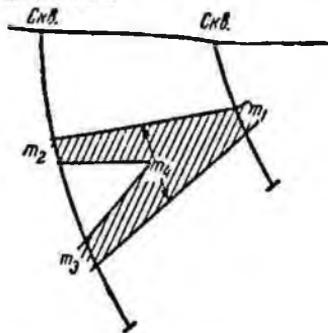


Рис. 152. Схема неправильного оконтуривания тела полезного ископаемого между выработками

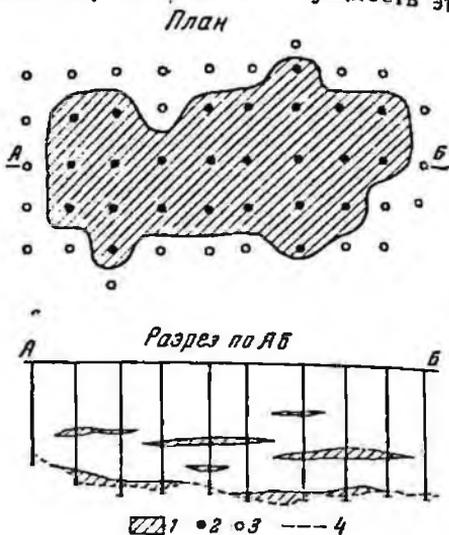


Рис. 153. Пример неправильного оконтуривания тел полезных ископаемых (в плане) способом «прессования»

1 — тела полезных ископаемых; 2 — буровые скважины, вскрывшие тело полезного ископаемого; 3 — буровые скважины, не вскрывшие тело полезного ископаемого; 4 — нижняя граница промышленного горизонта

На Рудногорском железорудном месторождении в результате применения этого способа вкрапленные руды, расположенные внутри жилы, а также со стороны висячего и лежачего боков, суммировались и рассматривались как одно рудное тело. Объединялись также разобщенные прослои и мелкие жилы магнетита; таким образом, не учитывались ни морфология рудных тел, ни распределение руд по типам (сортам) в пространстве.

Для описанных условий необходимо каждое рудное тело оконтуривать особо, подсчитывая по ним запасы отдельно.

3. В случаях, когда закономерности распределения отдельных сортов или типов минерального сырья (например, скоплений богатых сульфидных руд в общей массе вкрапленных) не изучены, а разведочная сеть недостаточна для самостоятельного оконтуривания отдельных типов, количество последних следует определять только ориентировочно, статистическим путем, без искусственного оконтуривания отдельных типов на графике, так как это приводит к искажению результатов. Например, тремя скважинами (рис. 154) вскрыта рудная залежь мощностью 10 м, в том числе скважиной 2 вскрыто 3 м богатых руд. Определяя количество богатых руд статистически, получают общую длину выработок, вскрывших руду, 30 м, в том числе по богатым рудам 3 м; относительное количество богатых руд составит 10%. При условии отдельного

ооконтуривания богатых руд естественно предположить выклинивание их на середине расстояния между выработками (рис. 154). Вычисленная площадь, занимаемая богатыми рудами, будет  $30 \text{ м}^2$ , что по отношению к общей рудной площади, установленной по скважинам ( $400 \text{ м}^2$ ), составит только  $7,5\%$ . Если предположить резкое выклинивание богатых руд и распространить полную фактически вскрытую мощность ( $3 \text{ м}$ ) до середины расстояния между выработками, то площадь, занимаемая богатыми рудами, удвоится и относительное количество богатых руд составит  $15\%$ .

4. Нередко в геологически выдержанном горизонте или пласте скопления полезных компонентов представлены в виде мелких линз, гнезд или пропластков (рис. 155). В этих условиях в контур подсчета запасов иногда включают только часть тела полезного ископаемого, искусственно исключая некондиционные участки в кровле и почве пласта, по скв. 1 исключена нижняя часть пласта, по скв. 2 — верхняя, по скв. 3 — верхняя и нижняя. Средняя мощность  $m$  пласта и среднее содержание  $c$  определяются как средние арифметические величины:

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}, \quad (112)$$

$$c = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3}. \quad (113)$$

Такой способ ооконтуривания нельзя рекомендовать, так как можно резко исказить мощность и содержание, а следовательно и запасы месторождения. При этом мощности обычно значительно занижаются, что приводит к преуменьшению общих запасов руды, а содержание искусственно преувеличивается, необоснованно завышая качество руды.

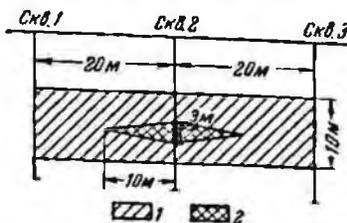


Рис. 154. Пример неправильного ооконтуривания отдельных сортов (типов) руд:

1 — бедные руды; 2 — богатые руды

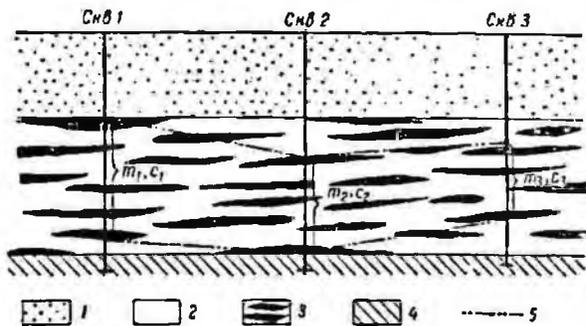


Рис. 155. Неправильное ооконтуривание подсчетных участков в пределах рудного горизонта

1 — покрывающие породы; 2 — рудомещающие породы; 3 — обогащенные участки рудного горизонта; 4 — подстилающие породы; 5 — неправильный контур подсчета запасов

5. Формальный подход к ооконтуриванию нередко приводит к искусственным построениям подсчетных контуров и искажает действительную форму тел полезных ископаемых или степень разведанности запасов. Например, на одном из железорудных месторождений (рис. 156) формальный подход к ооконтуриванию привел к выделению внутри рудного тела отдельных мелких блоков только потому, что процент выхода керна по скважинам на этих участках был ниже установленных  $60\%$ . Выде-

ление мелких участков с различным процентом выхода керна в пределах скважин, пересекающих рудное тело по мощности, отдельное оконтуривание их и подсчет запасов по блокам, опирающимся на эти участки, нельзя признать правильным. Необходимо объединять такие участки,

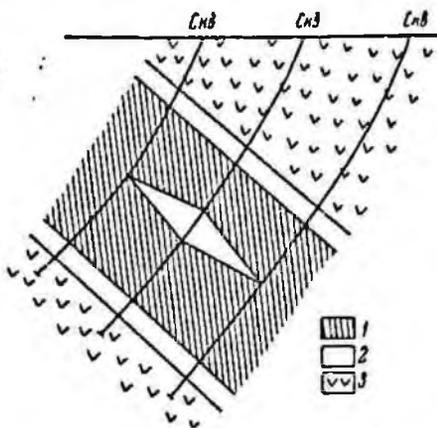


Рис. 156. Пример неправильной классификации запасов по выходу керна  
1 — запасы руды кат. В; 2 — запасы руды кат. С; 3 — вмещающие породы

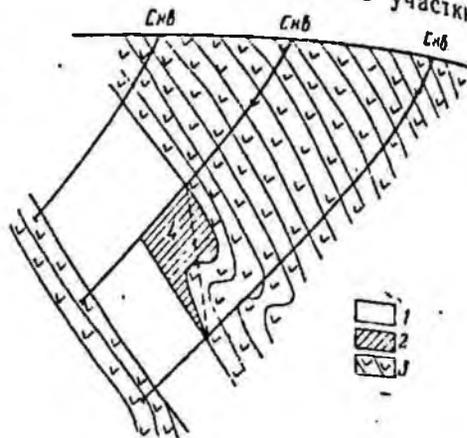


Рис. 157. Пример неправильной классификации запасов в контурах, построенных с учетом структуры месторождения  
1 — запасы руды кат. В; 2 — запасы руды кат. С; 3 — вмещающие породы

с остальной частью рудного тела, соответственно оконтуривать и квалифицировать запасы.

6. Другой пример неправильного отнесения запасов к более низкой категории по сравнению с действительной представлен на разрезе по тому же железорудному месторождению (рис. 157). Здесь запасы блока, опирающиеся на подсчетную площадку 4, отнесены к категории С<sub>1</sub> только потому, что верхний контур блока проведен с учетом структуры месторождения, а не по прямой, как показано пунктиром, хотя в цифровом выражении запасы от этого не изменяются (оба варианта оконтуривания дают практически равновеликие площадки). Ввиду неправильного формального подхода к оконтуриванию была занижена квалификация запасов, опирающихся на подсчетную площадку; их следовало отнести к категории В.

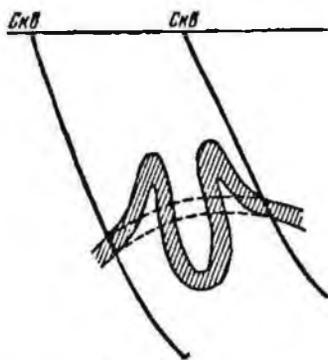


Рис. 158. Схема неправильного построения контуров рудного тела при подсчете запасов

7. Не следует без контроля использовать структурные элементы, так как это может привести к резкому искажению запасов.

Подсчетные разрезы, построенные по схеме, приведенной на рис. 156, обусловили резкое завышение запасов. Вместо пологой складки, показанной пунктиром, подсчет запасов производился в контурах искусственно смятого (заштрихованного) пласта. Проверка промежуточными скважинами показала отсутствие этой искусственной складчатости.

Иногда при подсчете запасов погрешности, допущенные при проведении разведочных работ, пытаются исправить искусственными графическими построениями, пересчетами с применением «взвешиваний», и т. п. К таким погрешностям разведки относится, например, неполное пересечение мощности тел полезных ископаемых, которое не дает возможности, во-первых, полно определить запасы месторождения, а во-вторых, приступить к его отработке, так как не вскрытая часть тела

может быть потеряна. Необходимо с начала до конца разведочных работ учитывать весь комплекс вопросов, связанных с изучением месторождения, подсчетом запасов и правильной промышленной его оценкой.

### Использование геофизических методов при оконтуривании тел полезных ископаемых

В пределах горных выработок методы радиометрии и, частично, магнитометрии используются для уточнения мест расположения проб и границ залежей. Возможно также применение геофизических методов при определении границ тел между выработками. В этой области можно наметить два основных направления применения геофизических работ: 1) для более точного оконтуривания тел полезных ископаемых по данным сети разведочных выработок; 2) для частичной замены разведочных выработок.

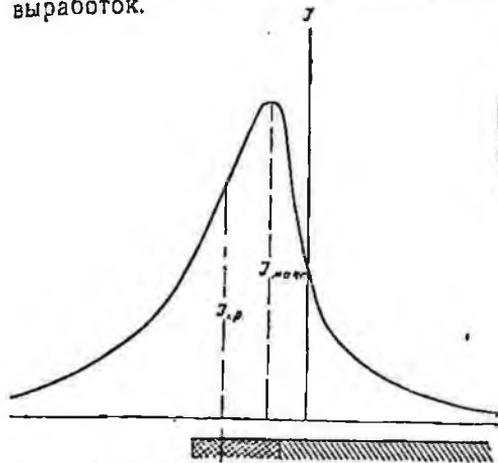


Рис. 159. Пример определения контура подсчета запасов по граничному значению интенсивности аномалии

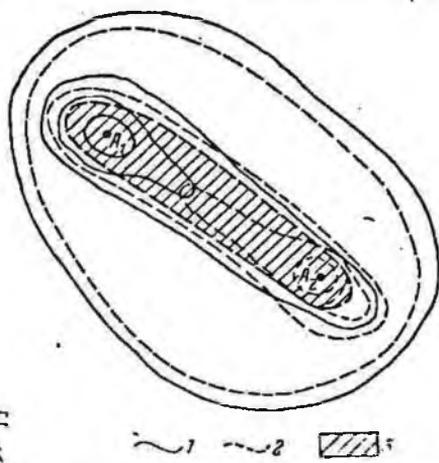


Рис. 160. Пример оконтуривания рудного тела по методу заряженного тела. Два заряда из скв.  $A_1$  и  $A_2$  (по Ю. В. Якубовскому и Л. Л. Ляхову)  
1 — изолинии при заряде в точке  $A_1$ ; 2 — изолинии при заряде в точке  $A_2$ ; 3 — рудное тело

Основным общим условием является существование локальной и четкой аномалии, вызываемой телом полезного ископаемого. По результатам исследований представляется возможным уточнить положение границы тела полезного ископаемого между двумя выработками, в одной из которых это тело встречено, а в другой отсутствует.

Как уже отмечалось, по геофизическим данным можно установить местоположение зоны выклинивания, но не всегда можно решить вопрос, происходит ли уменьшение мощности тела полезного ископаемого или уменьшается концентрация полезных компонентов. Однако при определении линии выклинивания по минимальному значению метропроцента это не имеет существенного значения. Принимая минимальный метропроцент в качестве основного показателя, характеризующего зону выклинивания, можно установить зависимость изменения этого параметра от изменения интенсивности наблюдаемой аномалии. На рис. 159 представлена такая зависимость для случая, когда зона выклинивания характеризуется аномалией градиента гравитационного поля. Минимальному значению метропроцента, принятому для подсчета запасов, соответствует значение аномальной функции, равное 0,72 ее максимального значения —  $J_{гр}$ , влево от которой расположено некондиционное рудное тело, справа — кондиционное.

При разведке рудных тел, хорошо проводящих электрический ток, большое значение для оконтуривания имеет метод заряженного тела.

Рудному телу сообщается электрический заряд от некоторого источника постоянного тока, отчего все тело как бы превращается в большой электрод, заземленный во вмещающих породах, имеющих более высокое удельное электрическое сопротивление. Известно, что форма изопотенциальных поверхностей электрического поля около заземленного электрода в известной мере подобна форме самого электрода. Изучая на поверхности земли линии равного потенциала в поле этого электрода-тела, можно получить необходимые данные для определения границ рудного тела (рис. 160).

Этот метод используется также для корреляции разрезов рудных скважин. Если возникают затруднения при решении вопроса о правильной увязке рудных горизонтов, вскрытых в скважинах, необходимо последовательно произвести заземление питающего электрода во всех встреченных рудных горизонтах сначала одной, затем другой скважины (рис. 161). При съемках на поверхности графиков изменения потенциалов электрического поля рудных горизонтов по тождеству графиков возможна точная корреляция разрезов и оконтуривание тела полезного ископаемого между скважинами.

Использование данных геофизических методов разведки при оконтуривании тел полезных ископаемых способствует: а) общему разрежению сети разведочных выра-

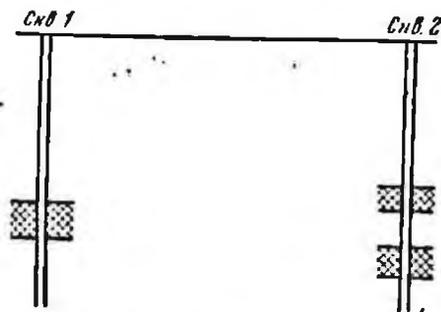


Рис. 161. Пример одной из задач для решения методом заряженного тела. Штриховкой показаны рудные интервалы

боток; б) сокращению числа выработок для выявления участков пониженной продуктивности в контуре тела полезного ископаемого.

Пример одной из аномалий, предназначенных для разведки, представлен на рис. 162. Аналогия с другими аномалиями района, данные изучения физических свойств горных пород и руд, данные имеющейся в пределах аномалии буровой скважины, показывают, что аномалия в виде изолиний магнитного поля обусловлена рудной залежью. На рисунке отчетливо видно, что рудная аномалия незначительно меняется в меридиональном и более изменчива в широтном направлении. Это обстоятельство позволяет разведать и оконтурить месторождение по редкой сети поперечных профилей, ограничив изучение измененной зоны отдельными скважинами.

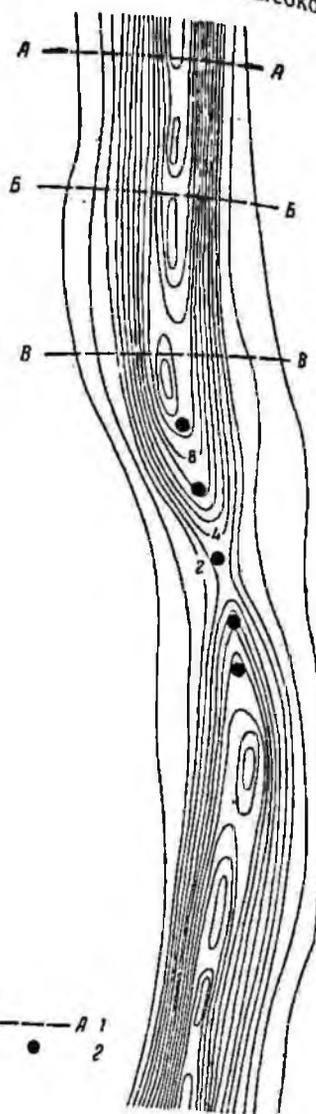


Рис. 162. Пример постановки разведочных работ с учетом геофизических данных (КМА— по материалам А. И. Дюкова) 1 — направление разведочных линий; 2 — буровые скважины для изучения измененной зоны

## ГЛАВА VIII

### ОКОНТУРИВАНИЕ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЗА ПРЕДЕЛАМИ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Оконтуривание запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$ , подлежащих в дальнейшем детальной разведке, обычно проводится за пределами выработок с использованием фактических материалов разведанных участков месторождения, экстраполируя эти данные на прилегающие площади, где по геологическим соображениям можно ожидать продолжение тел полезных ископаемых.

При оконтуривании тел полезных ископаемых и подсчете их запасов за пределами разведочных выработок могут быть использованы следующие основные приемы экстраполяции: геологические, морфологические, статистические, геометрические и геофизические.

#### Геологические приемы

Эти приемы экстраполяции являются самыми убедительными. Основой для использования их служат детальные геологические карты и материалы по изучению геологических факторов, контролирующих условия формирования и размещения тел полезных ископаемых. Среди таких факторов можно указать: 1) фациальные; 2) структурные; 3) литологические.

Для определения внешней границы распределения осадочных месторождений большое значение имеет фациальный анализ. Причем, как правило, размеры месторождений в плане уменьшаются при переходе от морских к лагунным, затем озерным и речным фациям и границы их возможного распространения проводят с учетом этого обстоятельства. Граница внешнего контура часто совпадает с границей смены фаций вмещающих пород. Если это совпадение установлено и имеются фациальные профили, внешний контур проводится по линии смены продуктивной фации на непродуктивную. Определение контура по смене состава пород видно на примере месторождения известняков и доломитов (рис. 163), где доломиты, развитые в южной и юго-западной его частях, к северо-востоку постепенно переходят в известняки. Смена состава пород установлена по скв. 356. Поэтому северо-восточную границу площади подсчета запасов проводят через эту скважину вдоль линии смены доломитов известняками.

Для некоторых, в основном эпигенетических, месторождений внешний контур можно проводить по смене благоприятных структур. Лучшим примером определения площади подсчета запасов по контурам геологической структуры является схема подсчета запасов нефтяного месторождения, структурная карта которого приведена на рис. 164, разрез — на рис. 165. Система изогипс маркирующего горизонта, расположенного в кровле залежи, отображает куполообразную структуру месторождения (рис. 164). Контур площади подсчета запасов проведены

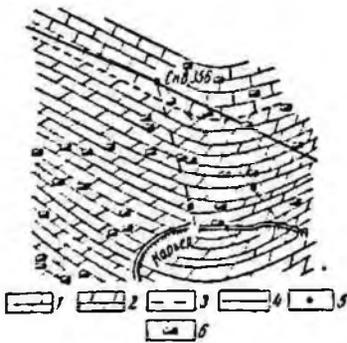


Рис. 163. Проведение контура площади подсчета запасов по границе смены фаций (по В. И. Смирнову)  
 1 — известняки; 2 — доломиты; 3 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 4 — контур запасов кат. В; 5 — бурные скважины; 6 — шурфы

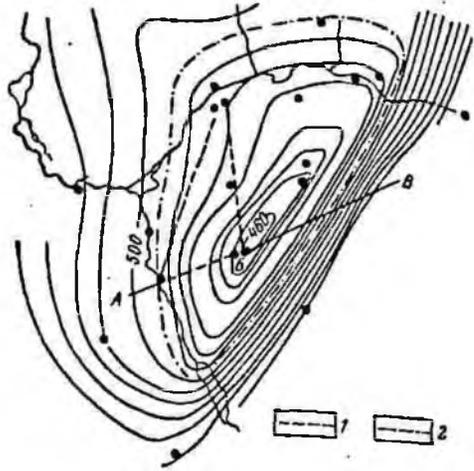


Рис. 164. Оконтуривание площади подсчета запасов на нефтяном месторождении по стратонизогипсам маркирующего горизонта (по В. И. Смирнову)  
 1 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов кат. В

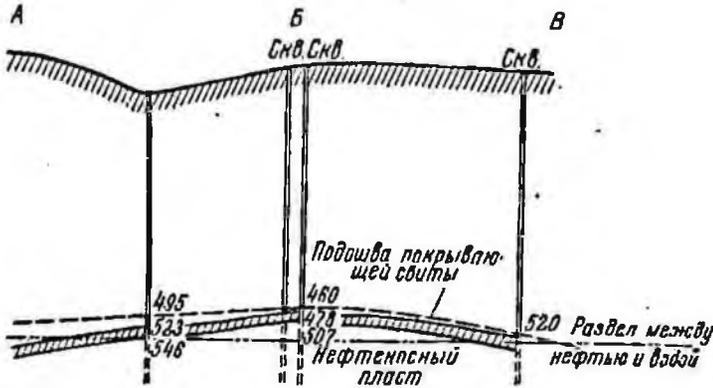


Рис. 165. Схематический разрез по линии АБВ к карте месторождения, приведенной на рис. 164

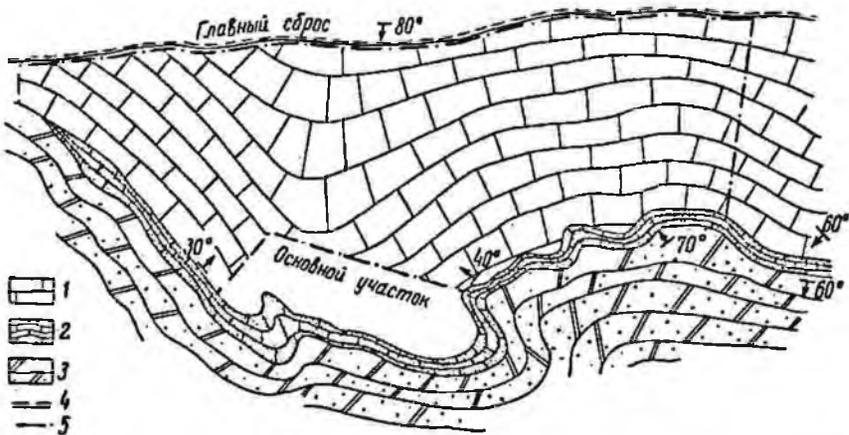


Рис. 166. Схематический план геологического строения полиметаллического месторождения  
 1 — известняки верхние с песчаниками и аргиллитами; 2 — серые рудоносные известняки; 3 — песчаники; 4 — сброс; 5 — контур подсчета запасов кат. С<sub>2</sub>

в строгом соответствии с изогипсой 500, ограничивающей распространение нефти на склонах купола.

Огромное значение для определения вероятных границ эпигенетических постмагматических месторождений имеет анализ структур, контролирующих размещение тел полезных ископаемых. Для разломов глубокого заложения, к которым приурочены тела, эти границы могут быть расположены далее, чем в мелких трещинах, особенно трещинах отрыва. В структурах сопряжения нарушений, контролирующих оруденение, границы тел полезных ископаемых определяются местами сопряжений и т. д. Кроме того, как для сингенетических, так и для эпигенетических месторождений границей внешнего контура могут служить крупные сбросы или надвиги, срезающие тела полезных ископаемых. На одном из полиметаллических месторождений Алтая (рис. 166) оруденение приурочено к горизонту серых известняков, залегающих на толще песчаников и согласно перекрытых толщей известняков с песчаниками и аргиллитами. Рудоносные известняки полого погружаются в северо-северо-западном направлении, где проходит так называемый Главный сброс. К моменту подсчета запасов достаточно детально был разведан только основной участок. Остальная площадь месторождения была охвачена детальной геологической съемкой масштаба 1 : 10 000. Разведка основного участка показала, что площади с промышленной концентрацией руд занимают примерно 30%. Эти данные были положены в основу подсчета запасов категории  $C_2$  на всей площади от линии выхода горизонта серых рудоносных известняков на дневную поверхность до Главного сброса, за пределами которого оруденение не установлено.

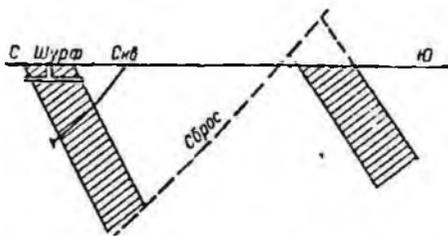


Рис. 167. Использование структурных особенностей месторождения для определения глубины залегания рудного тела

Тектонические нарушения, выводящие к поверхности отдельные участки тел полезных ископаемых, иногда способствуют определению глубины их распространения и помогают более обоснованно оценить перспективные запасы. Так, на одном из полиметаллических месторождений (рис. 167) установлено, что южное крыло жилы поднято отно-

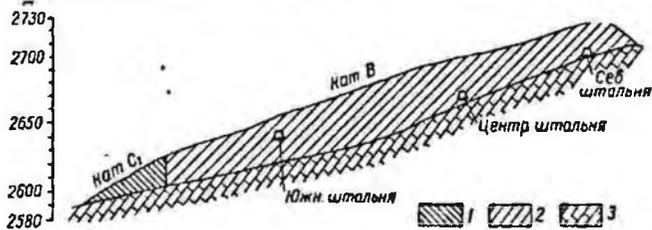


Рис. 168. Оконтуривание рудной жилы на продольном профиле по смене оруденелых конгломератов подстилающими их безрудными известняками (по В. И. Смирнову)  
1 — блоки запасов кат.  $C_1$ ; 2 — блоки запасов кат. В; 3 — подстилающие безрудные известняки

сительно северного на несколько сот метров. В южной части вскрыто промышленное оруденение, аналогичное оруденению северной части. Есть все основания предполагать, что в северной части жилы оруденение сохранится по крайней мере до глубины сброса.

Смена пород, благоприятных для локализации месторождения, породами неблагоприятными также может быть использована для проведения внешнего контура подсчета запасов.

Примером может служить месторождение, продольный разрез которого изображен на рис. 168.

Площадь месторождения сложена известняками, на крутых и размытых пластах которых полого залегает толща конгломератов, причем и конгломераты и подстилающие их известняки прорезаны параллельными трещинами, вдоль которых породы раздроблены. В пределах зон дробления, сопровождающих выдержанные тектонические трещины, конгломераты насыщены рудными минералами и являются хорошей рудой. Как только трещина переходит в подстилающие известняки, оруденение прекращается. Поэтому естественной границей рудной жилы на глубине является линия контакта известняков с перекрывающими их конгломератами.

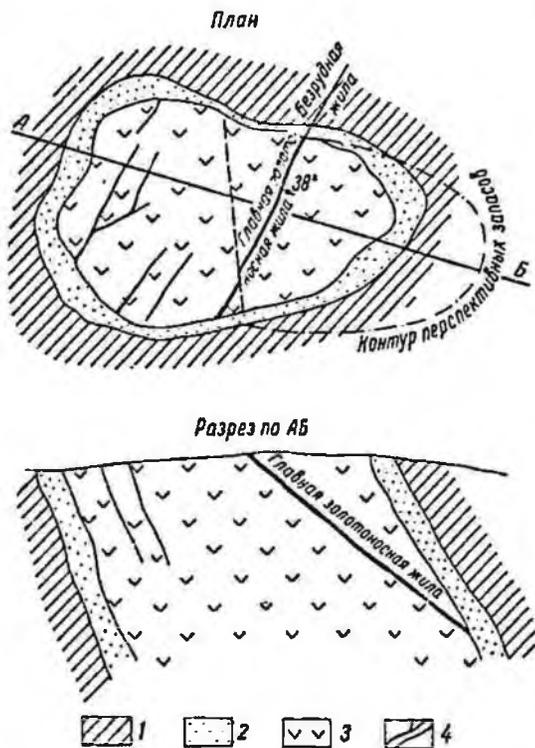


Рис. 169. Схема определения перспективных запасов по смене благоприятных пород (по А. А. Крепигу, К. А. Пожарищкому и А. А. Розину)  
1 — сланцы; 2 — роговики; 3 — диориты; 4 — золотоносные кварцевые жилы

Другим примером может служить месторождение, где среди сланцевой толщи интрузив диорита овальной формы окружен ореолом роговинок (рис. 169). Диорит пересечен системой мелких и одной довольно мощной золотоносной кварцевой жилкой, приуроченной к трещине скалывания. Разведка установила, что, как правило, мелкие кварцевые жилы не выходят за пределы ореола роговинок. Трещина главной золотоносной кварцевой жилы в южном конце теряется в сланцах, в северном, переходя из диорита в роговики и сланцы, делается мало мощной и убогой. По общей совокупности геологических данных можно предполагать, что переход из диоритов в роговики и сланцы является для жил критическим и определяет их границы.

Помимо исследования фаций, структур и состава вмещающих пород, для определения возможных границ распространения тел полезных ископаемых принимаются во внимание и такие геологические факторы, как элементы стратиграфии, в случае, когда тела полезных ископаемых строго приурочены к определенным частям разреза; наличие четко выраженной зональности в составе тел полезных ископаемых.

### Морфологические приемы

Морфологические приемы проведения внешнего контура в условиях неограниченной экстраполяции основаны на использовании закономерностей в изменении формы тела полезного ископаемого и применимы для залежей, мощность которых отчетливо уменьшается от центра к периферии. Существует два приема проведения внешнего контура по морфологическим признакам: способ разрезов и способ изолиний.

Проведение внешнего контура по способу разрезов сводится к составлению ряда геологических разрезов тела полезного ископаемого в его разведанной части и к продолжению линий, ооконтуривающих тело на разрезах, за пределы внутреннего контура до их полного пересечения. Точки пересечения и будут определять границу внешнего контура. На рис. 170 показан пример определения внешнего контура по способу разрезов для части крутопадающего линзообразного тела. Линза вскрыта горизонтом горных работ и двумя рядами скважин. Продолжение контуров линзы на трех поперечных разрезах за пределы нижнего ряда скважин позволило определить точки выклинивания линзы на глубине. Затем их перенесли на продольный профиль, после чего был проведен внешний контур.

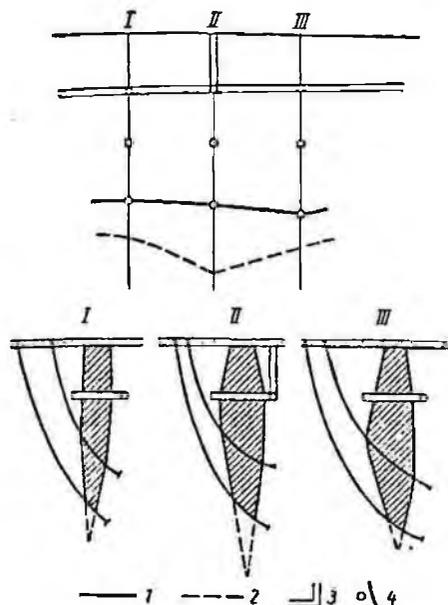


Рис. 170. Проведение внешнего контура тела полезного ископаемого по способу разрезов (по В. И. Смирнову)

1 — внутренний контур; 2 — внешний контур; 3 — горные выработки; 4 — скважины; I, II, III — линии разрезов

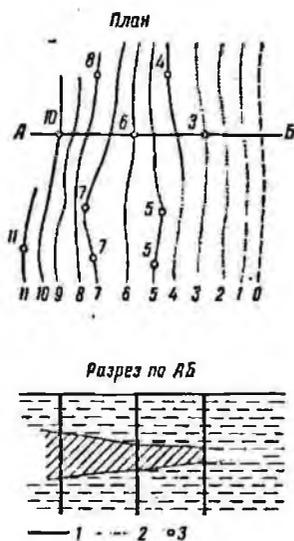


Рис. 171. Проведение внешнего контура по способу изолиний мощности (по В. И. Смирнову)

1 — изолинии мощности, построенные по данным разведочных выработок; 2 — изолинии мощности, экстраполированные за пределы разведочных выработок; 3 — скважины (цифры показывают вскрытую мощность залежи в метрах)

Проведение внешнего контура по способу изолиний мощности сводится к экстраполяции системы изолиний мощности тела полезного ископаемого из разведанной части до нулевого контура, который и является внешним контуром (рис. 171).

Другой пример ооконтуривания изображен на рис. 172. Золоторудное месторождение представлено линзовидными залежами оруденелых пород, приуроченными к куполообразным поднятиям сланцев в контакте с туфогенными породами лежащего бока. Сланцы служили экраном для поднимающихся рудоносных растворов. Разведочными работами установлено, что рудные купола несколько вытянуты в северо-западном направлении и наиболее богатые руды залегают в центрах куполов среди туфов, непосредственно под сланцами. По мере удаления от сланцев (при углублении горных выработок и буровых скважин) содержание золота и сульфидов падает.

В юго-западной, мало разведанной части месторождения тремя скважинами была пересечена новая рудная линза. План с изображением кровли показал, что на месте этих трех скважин также намечается

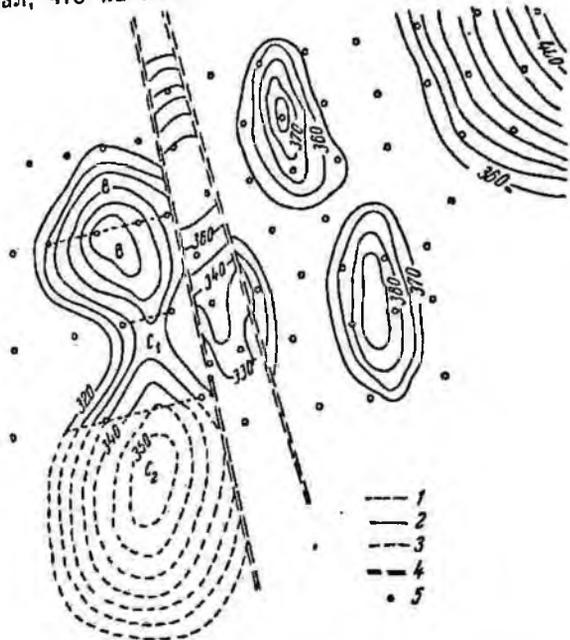


Рис. 172. Схема определения контура перспективных запасов по способу изолиний (по А. А. Кренигу, К. Л. Пожарицкому и А. А. Розину)

1 — границы блоков; 2 — изолинии кровли; 3 — предполагаемые изолинии кровли; 4 — линии сбросов; 5 — буровые скважины

куполообразное поднятие сланцев, а следовательно, условия залегания вскрытой линзы аналогичны ранее разведанным и разрабатываемым рудным телам. Путем экстраполяции изолиний кровли сланцев определены границы купола. В контурах намечающегося купола подсчитаны запасы категории  $C_2$ . На рис. 172 схематически показаны изолинии кровли отдельных рудных линз разведанного восточного рудного поля и предполагаемые контуры юго-западной линзы. Наиболее широко морфологические приемы применяются при оконтуривании запасов россыпных месторождений. Внешний контур часто изображают не прямыми линиями, а плавными кривыми с учетом общей конфигурации

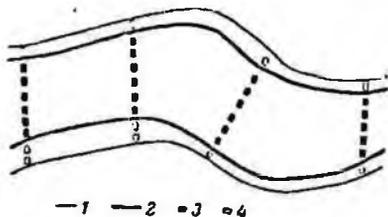


Рис. 173. Схема оконтуривания россыпи с учетом морфологии долины

1 — контур долины реки; 2 — контур подсчета запасов; 3 — выработки с промышленной концентрацией полезного компонента; 4 — выработки с непромышленной концентрацией полезного компонента

долины (рис. 173). При наличии в россыпи четко выраженной струйчатости обогащенные участки можно оконтуровать особо и запасы их подсчитывать отдельно.

### Статистические приемы

Эти приемы оконтуривания большей частью применяются на действующих рудниках и требуют тщательного анализа и обработки фактических материалов. К этим приемам относятся следующие:

1. Определение изменения содержания полезного компонента с глубиной и распространение этих данных на неразведанные участки.

Закономерное изменение содержания полезных компонентов наблюдается, например, на некоторых редкометалльных месторождениях и месторождениях золота. В этих случаях сопоставляют фактические данные по отдельным эксплуатационным горизонтам и устанавливают величину снижения или повышения содержания полезного компонента на каждые 10—100 м углубки. Затем путем несложных расчетов определяют глубину ожидаемого выклинивания промышленной части тела полезного ископаемого. Иногда падение содержания одного из полезных компонентов компенсируется повышением содержания другого компонента. Такие случаи имеют место, например, на некоторых вольфрамовых месторождениях, где падение содержания вольфрама с глубиной сопровождается повышением содержания молибдена. Это обстоятельство также учитывается для проведения контура при подсчете запасов.

2. Сопоставления погоризонтных данных для определения рудоносных площадей. Иногда можно наблюдать систематическое сокращение или увеличение сечений тела полезного ископаемого на каждые 10—100 м углубки, что дает возможность распространить эти данные на определенную глубину.

3. Определение изменения коэффициента рудоносности на глубину и распространение этих данных для определения границ подсчета (применяется для гнездовых месторождений, например ртутных).

Статистические приемы оконтуривания следует применять с большой осторожностью.

### Геометрические приемы

Геометрические (формальные) приемы проведения внешнего контура в условиях неограниченной экстраполяции применяются в случаях, когда ни одним из описанных приемов оконтуривания воспользоваться невозможно.

Среди геометрических приемов выделяют приемы, основывающиеся на: 1) плотности разведочной сети; 2) системе отработки; 3) размерах вскрытой части рудного тела.

1. При использовании приемов, опирающихся на плотность разведочной сети, внешний контур тела полезного ископаемого проводится параллельно внутреннему контуру на расстоянии, равном среднему расстоянию (или половине) между разведочными выработками, принятому для разведки данной категории запасов. Выбор полного расстояния или его половины не регламентируется и зависит главным образом от общих геологических представлений исполнителя о данном типе месторождения. Например, если для разведки пластового месторождения группы «а» (см. группировку месторождений цветных и редких металлов часть IV) расстояния между скважинами для разведки запасов до категории  $C_1$  приняты равными  $L$ , то экстраполяция подсчетного контура для запасов той же категории за пределы разведочных выработок может быть принята равной  $L : 2$  (рис. 174). За пределы контура запасов категории  $C_1$  на то же расстояние могут быть экстраполированы запасы более низкой категории  $C_2$ . Таким образом, общая экстраполяция за пределы разведочных выработок будет сделана на расстояние, равное  $L$ .

Для пологопадающего пластообразного месторождения группы «б» подсчетные контуры могут быть построены по схеме, приведенной на рис. 175. В данном случае полное выклинивание предполагается на расстоянии, равном  $1,5 L$ .

Для месторождений группы «в» запасы в контуре экстраполяции за пределами разведочных выработок обычно не могут быть отнесены к той же категории, к которой относятся запасы в пределах разведочных выработок (рис. 176).

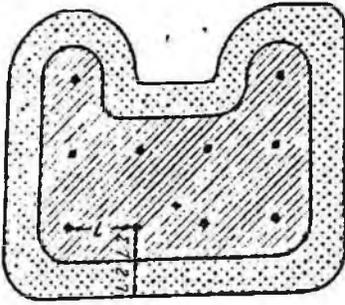


Рис. 174. Схематический план оконтуривания рудного тела при использовании геометрических приемов, опирающихся на плотность разведочной сети

1 — запасы кат.  $C_1$ ; 2 — запасы кат.  $C_2$ ; 3 — разв. точки выработки;  $L$  — расстояние между выработками, принятое для кат.  $C_1$

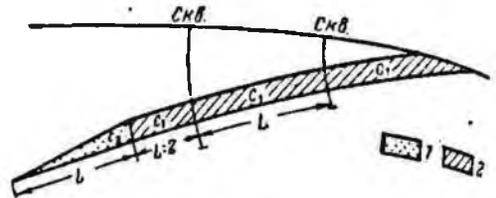


Рис. 175. Схематический профиль оконтуривания рудных тел группы «б» при использовании геометрических приемов, опирающихся на плотность разведочной сети — запасы кат.  $C_1$ ; 2 — запасы кат.  $C_2$

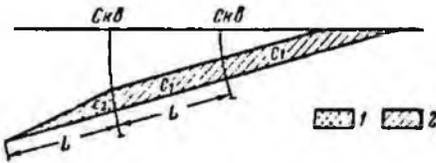


Рис. 176. Схематический профиль оконтуривания рудных тел группы «в» при использовании геометрических приемов, опирающихся на плотность разведочной сети

1 — запасы кат.  $C_1$ ; 2 — запасы кат.  $C_2$

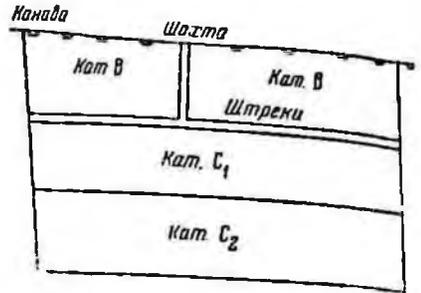
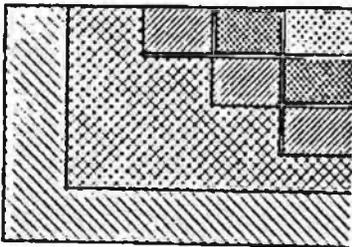


Рис. 177. Схема проведения внешнего контура для месторождений жильного типа



1 2 3 4 5 6

Рис. 178. Оконтуривание запасов, экстраполированных полотном

1 — блоки запасов кат.  $C_1$ ; 2 — блоки запасов кат.  $C_2$ ; 3 — блоки запасов кат. В; 4 — блоки запасов кат. А; 5 — отработанные участки; 6 — горные выработки

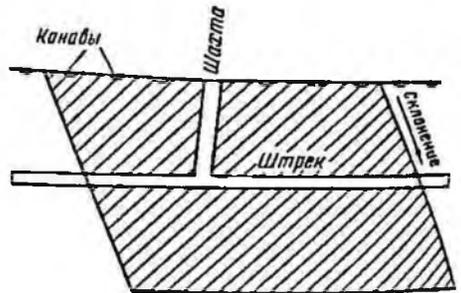


Рис. 179. Схема проведения внешнего контура для месторождений жильного типа с учетом склонения

Расстояния между разведочными выработками сокращаются от наиболее крупных и простых тел полезных ископаемых к небольшим и сложным. Следовательно, и расстояния от внутреннего контура, на которые можно распространять экстраполяцию, должны уменьшаться по мере перехода к небольшим и изменчивым телам полезных ископаемых. Последнее обстоятельство придает описанному приему оконтуривания, по своей сущности формальному, видимую убедительность.

2. При использовании приемов, основывающихся на системе отработки, внешний контур тела полезного ископаемого проводится за пределами внутреннего контура на глубине одного-двух и более эксплуатационных этажей. Для выдержанных месторождений чаще всего производят экстраполяцию на два этажа, для менее выдержанных (например, жильных месторождений редких металлов) — на один этаж. Указанный прием чаще всего применяют на эксплуатируемых месторождениях с установившейся системой отработки. Особенно распространен он при подсчете запасов жильных месторождений, верхние горизонты которых достаточно детально разведаны. Схема проведения внешнего контура в плоскости жилы приведена на рис. 177.

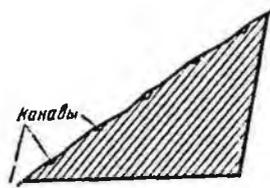


Рис. 180. Схема проведения внешнего контура тела полезного ископаемого с учетом глубины эрозионного среза

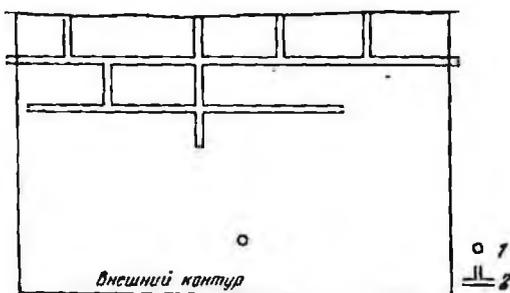


Рис. 181. Схема проведения внешнего контура тела полезного ископаемого с учетом положительных результатов вскрытия глубоких горизонтов

1 — буровая скважина; 2 — горные выработки

При наличии нескольких вскрытых горными работами горизонтов в определении внешнего контура используется экстраполяция полотном (рис. 178). При экстраполяции необходимо максимально использовать имеющиеся фактические данные, тогда во многих случаях чисто формальные геометрические приемы могут быть значительно улучшены. Так, например, учитываются склонение жильного тела (рис. 179), глубина эрозионного среза (рис. 180), положительные результаты вскрытия тела полезного ископаемого на глубоких горизонтах (рис. 181). Необходимо тщательно изучать геологические особенности соседних однотипных месторождений, опыт их эксплуатации и широко использовать метод аналогии.

3. Приемов, опирающихся на размеры вскрытой части тела полезного ископаемого, имеется несколько. Наиболее распространенным является так называемое «правило Гувера», по которому внешний контур тела полезного ископаемого образует треугольник с высотой, равной половине длины тела по простиранию (рис. 182). Видоизменением «правила Гувера» является проведение внешнего контура полотном на расстоянии, равном четверти длины тела по простиранию (рис. 183). Очевидно площадь контура будет при этом такая же.

Для изометрических тел (штоки, шпильки, гнезда) внешний контур иногда проводится в виде конуса или полушария, основанием которого служит сечение тела полезного ископаемого по линии внутреннего кон-

тура, а высота (для конуса) или радиус (для полушария) приравняется половине его среднего поперечного размера.

Описанные приемы являются сугубо формальными. Как правило, они резко занижают размеры тел полезных ископаемых на ранних стадиях разведки, когда третье измерение (обычно по падению) разведано очень слабо, и могут резко зависеть запасы для детально разведанных месторождений, а тем более для месторождений, в значительной части отработанных, когда внутренний контур подходит близко к линии выклинивания тела полезного ископаемого. В последнем случае нужно избегать использования этих приемов. Кроме того, фактические материалы показывают, что нередки случаи, когда тела полезных ископаемых при протяженности по простиранию в несколько километров выклиниваются уже на глубине в первые сотни метров. Имеют место и обратные случаи, когда тела полезных ископаемых незначительной протяженности по простиранию (200—300 м) прослеживаются на большие глубины (до 600—800 м и более).

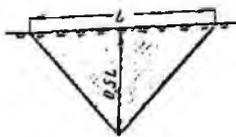


Рис. 182. Схема проведения внешнего контура тела полезного ископаемого по правилу Гувера

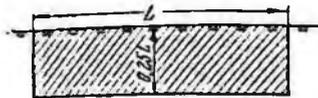


Рис. 183. Схема проведения внешнего контура тела полезного ископаемого по видоизмененному правилу Гувера

Очевидно, эти формальные приемы не должны быть рекомендованы для широкого использования.

Все описанные приемы определения положения внешнего контура предусматривают проведение его по линии выклинивания тела полезного ископаемого, где мощность равна нулю. Если установлена минимальная рабочая мощность тела, следует проводить внешний контур по линии рабочей мощности. Положение этой линии определяется описанными выше способами интерполяции. Однако для запасов категории  $C_1$  и тем более для категории  $C_2$  переоконтуривание по рабочей мощности в подавляющем большинстве случаев является нецелесообразным.

### Геофизические приемы

Эти приемы оконтуривания подробно рассматриваются в специальных работах. Здесь следует лишь указать, что они основаны на использовании результатов геофизических исследований и могут быть применимы для оконтуривания месторождений целого ряда полезных ископаемых с достаточной для подсчета запасов точностью.

Примером проведения внешнего контура тел полезных ископаемых по данным геофизических работ может служить железорудное месторождение, имеющее пластообразную форму, осложненную складчатостью. Рудное тело залегает согласно с вмещающей толщей пород и падает на юг в среднем под углом  $45^\circ$ . Протяженность залежи по простиранию несколько километров, ширина 0,5—1 км. Строение рудной толщи на различных участках неодинаковое, поэтому в соответствии с геологическими особенностями в пределах месторождения выделены два участка. Залечь основного участка представлена магнетитовыми и гематитовыми рудами, мощность ее достигает 25—35 м. В результате

процессов выветривания на месторождении четко выражена вертикальная зональность — к поверхностной части рудных тел обычно приурочена зона интенсивного загипсования руд мощностью до 5 м с содержанием серы до 14%; до глубины 60—80 м развита зона окисления и ниже — зона первичных руд. С поверхности месторождение разведано канавами и шурфами. Глубокие горизонты разведаны скважинами по сетке  $100 \times 75$  м для запасов категории  $A_2$  и  $200 \times 150$  м для категории В. К категории  $C_1$  отнесены запасы участков, разбуренных по более редкой сети. Наибольший интерес представляет определение запасов категории  $C_2$ . Для подсчета запасов этой категории используется карта магнитометрической съемки (рис. 184). Сопоставление данных этой

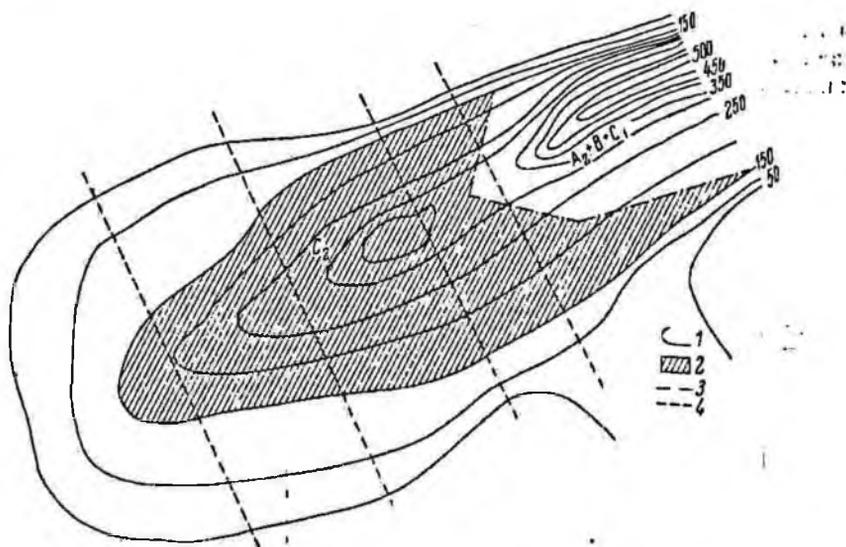


Рис. 184. Схематический план магнитометрической съемки

1 — изолинии  $\Delta Z$ ; 2 — площадь участка, на котором запасы квалифицированы по кат.  $C_2$ ; 3 — контур детально разведанного участка с запасами кат.  $A_2 + B + C_1$ ; 4 — линии профилей магнитометрической съемки

съемки с геологическими планами детально разведанных участков показало, что изолиния  $\Delta Z$  150 примерно совпадает с контуром распространения кондиционных руд. Это дало основание при оконтуривании запасов категории  $C_2$  использовать результаты магнитометрической съемки и подсчитать запасы в пределах контура изолинии  $\Delta Z$  150 и выше. Мощность рудного тела и качественная характеристика приняты по аналогии с детально разведанной частью рудной залежи.

Если по геофизическим данным невозможно наметить границы природных тел полезных ископаемых, последние уподобляются простейшим геометрическим фигурам, равновеликим этим телам. Так, на рис. 185 представлен схематический контур полезного ископаемого, отождествленного без особых погрешностей с горизонтально залегающим цилиндром. Там же изображено действительное и идеализированное сечение этого тела одной из вертикальных плоскостей, проходящей через профиль гравиметрических наблюдений, и аномалия, соответствующая этому телу. Сопоставляя теоретическую и наблюдаемую кривые  $\Delta g$  и  $U_{xz}$ , соответствующие телу полезного ископаемого и теоретическому цилиндру, с которым это тело отождествляется, можно заметить, что отклонения их невелики. Для такого цилиндра в теории гравиразведки на основании аномалии по профилю, пересекающему центр ее,

задачи определения глубины залегания оси ( $h$ ) и массы единицы длины цилиндра ( $\lambda$ ) решены по очень простым формулам:

по  $\Delta g$

$$h = \frac{1}{2} x_{1/2}^2 \quad (114)$$

$$\lambda = 0,00749 h \Delta g_{max} \quad (115)$$

по  $U_{xz}$

$$h = 0,87L, \quad (116)$$

$$\lambda = 0,11h^2(U_{xz})_{max} \quad (117)$$

из которых просто определяется радиус цилиндра ( $R$ ), и глубина его залегания от поверхности. В этих формулах величина  $\Delta g_{max}$  означает значение аномалией функции  $\Delta g$ , равное ее максимальному

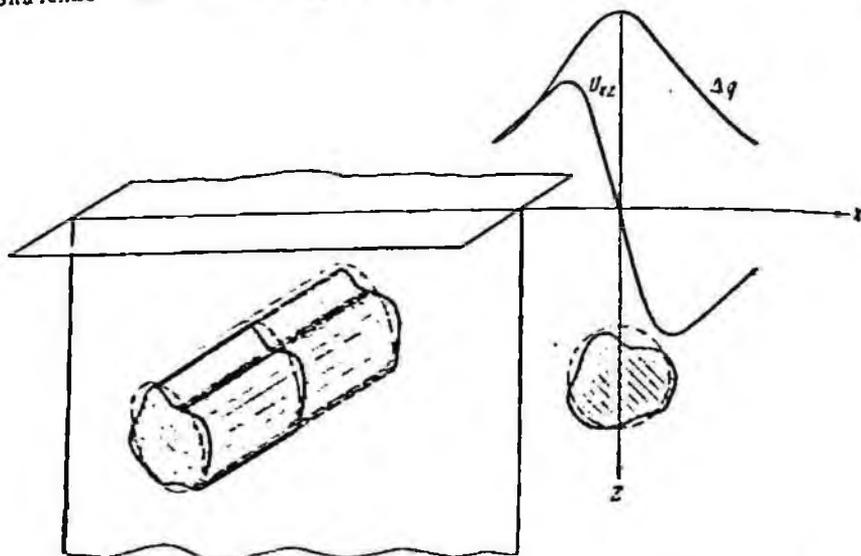


Рис. 155. Пример возможной замены рудного тела объектом правильной геометрической формы

значению по данному профилю, а величина  $x_{1/2}$  — координату точки, в которой значение  $\Delta g = \frac{\Delta g_{max}}{2}$ , при условии, что начало координат взято в точке максимума аномалии. В подобном случае необходимо обязательно сделать предположение о возможном приближении изучаемого тела полезного ископаемого к той или иной правильной геометрической форме. В зависимости от намеченной формы берется соответствующий альбом теоретических кривых, рассчитанных для различных тел такой формы, и кривая, полученная при геофизических исследованиях, сравнивается с теоретическими. По результатам сопоставления выбирается теоретическая кривая, наилучшим образом совпадающая с наблюдаемой, и параметры теоретического объекта, которому соответствует принятая кривая, принимают за таковые для выявленного тела полезного ископаемого.

На рис. 156 приведен для примера один лист из альбома теоретических кривых, рассчитанных для наклонных слоев различной мощности, которые успешно можно отождествлять с пластовыми месторождениями, представленными наклонными пластами, уходящими на

большую глубину. На рис. 187 представлен пример использования данного приема для анализа результатов гравиметрических исследований в одном из районов железорудного бассейна КМА.

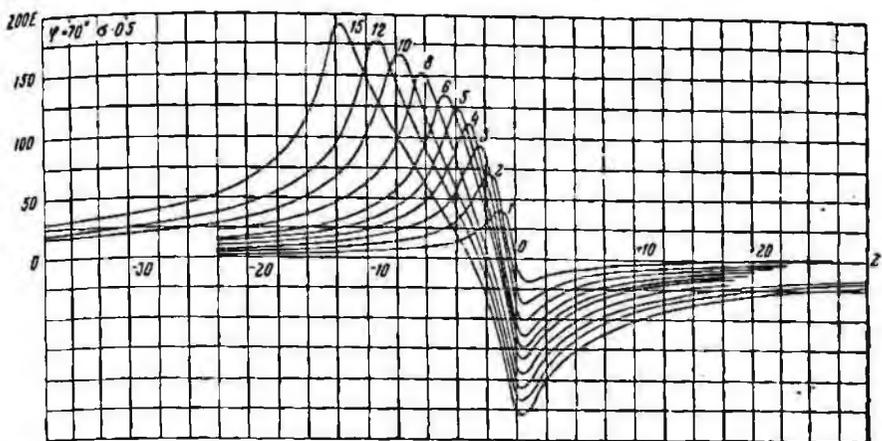


Рис. 186. Лист из атласа теоретических кривых для наклонного пласта по аномалиям градиента ускорения силы тяжести по направлению профиля

В практике разведки рудных месторождений особенно часто встречаются с большой сложностью формы тела полезного ископаемого, вызывающего наблюдаемую аномалию, которая не может быть сравнена ни с одной из правильных геометрических фигур. В этом случае

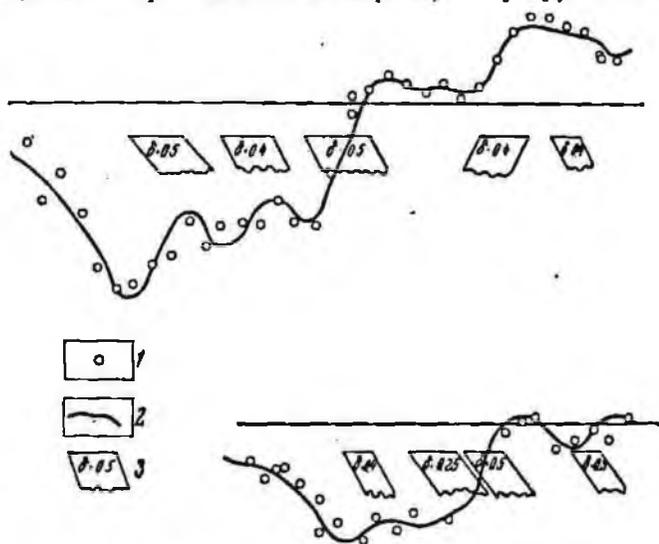


Рис. 187. Пример анализа сложных разрезов путем подбора теоретических кривых  
 1 — данные измерений; 2 — теоретическая кривая, полученная методом изобар; 3 — проекции плит соответствующих аномалий и их избыточные плотности

для проведения соответствующего анализа применяются так называемые палетки. Для анализа используется аномалия по профилю, пересекающему искомое рудное тело вкrest его простираия. С помощью изображенной на рис. 188 сетки не представляет труда разделить сечение рудного тела на отдельные ячейки, причем в случае правильной, закономерно изменяющейся формы ячеек и неправильной, сложной, формы сечения рудного тела всегда это сечение после разделения будет

состоять из определенного числа целых ячеек и долей таких ячеек. С другой стороны, для тел правильной геометрической формы, какими являются в рассматриваемом случае призмы с основанием, равным ячейкам сетки, и высотой, равной протяженности тела по простиранию, легко вычислить аномальный эффект в точке начала координат сетки, которая располагается на предлагаемой поверхности наблюдений. Такая сетка, каждая ячейка которой характеризуется определенным значением аномальной функции в начале координат, носит название палетки для вычисления значений этой функции, вызываемых телом

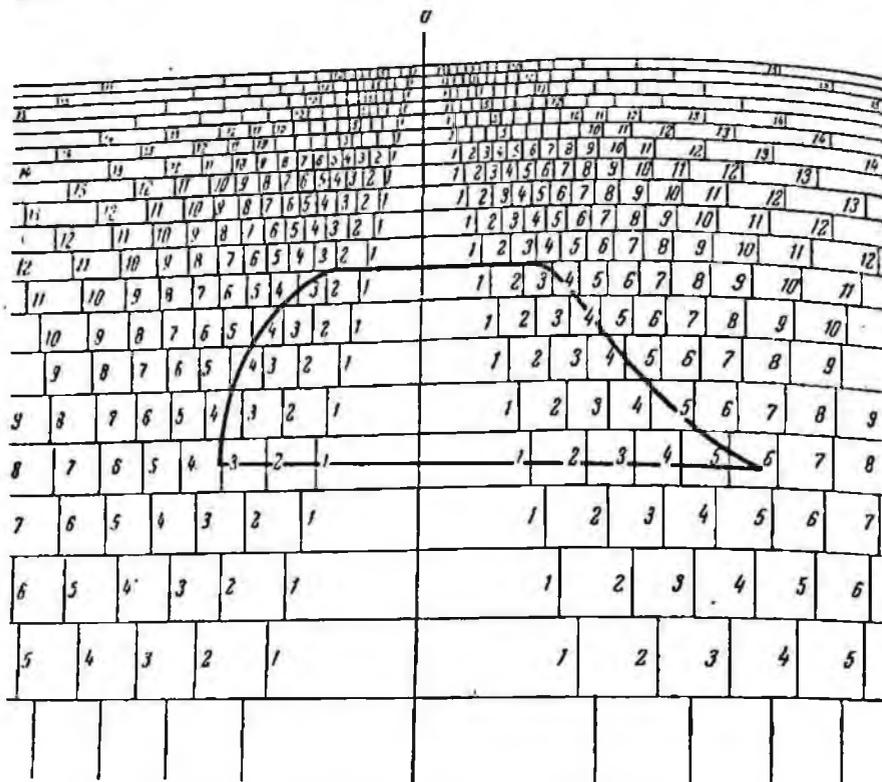


Рис. 188. Пример палетки для вычисления гравитационного эффекта возмущающего тела

сложного сечения в различных пунктах профиля. Эти значения определяются путем суммирования заранее вычисленных для палетки значений эффекта каждой из ячеек, входящих в контур рудного тела. Для долей ячеек, захваченных контуром тела, в суммировании принимается часть эффекта соответствующей ячейки, пропорциональная площади этой доли. В большинстве случаев палетки рассчитываются таким образом, что эффект всех ячеек сетки является постоянным, для чего в зависимости от их расположения по отношению к началу координат изменяется площадь сечения ячейки. На основании одной из распространенных палеток для анализа гравитационных аномалий (рис. 188) вычислена кривая (рис. 189), полностью совпадающая с результатами наблюдений, и соответствующее этой кривой сечение рудного тела.

Только что описанные способы анализа геофизических аномалий требуют некоторых предположений о форме тела полезного ископаемого. Если такие предположения представляют известные трудности по недостатку геолого-геофизических предпосылок для их обоснования, то

представляется возможным использовать для оценки запасов предложенные несколькими авторами методы определения общей избыточной массы и координат центра тяжести (или магнитного полюса) объекта, вызывающего аномалию. Под «избыточной» массой понимают разность массы тела полезного ископаемого, вызывающего аномалию, и массы вмещающих пород, взятых в объеме тела полезного ископаемого. В качестве примера приведем некоторые формулы, предложенные акад. Г. А. Гамбурцевым [1936], и поясним пользование этими формулами.

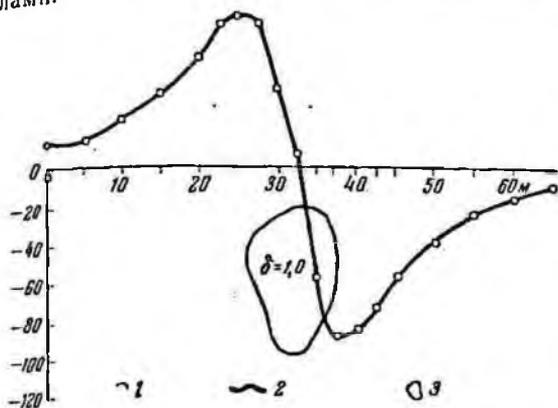


Рис. 189. Пример кривой градиента, вычисленной для тела сложной формы с помощью палетки (по Б. А. Андрееву)

1 — наблюдаемые значения; 2 — теоретическая кривая; 3 — контур тела

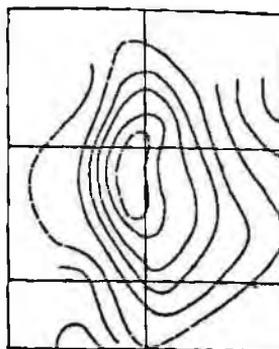


Рис. 190. Пример гравитационной аномалии над рудным телом (по М. И. Анчугову)

На рис. 190 представлена гравитационная аномалия, вызванная крупным рудным телом, выраженная системой замкнутых изолиний ускорения силы тяжести, проведенных через 0,1 мгл. Избыточная масса рудного тела, являющегося причиной этой аномалии, определяется формулой

$$M = 2,4 \cdot 10^6 \Sigma S_k, \quad (118)$$

где  $\Sigma S_k$  — сумма площадей, ограниченных каждой из изолиний, км<sup>2</sup>.

Полученный результат вычислений будет несколько уменьшенным, поскольку, согласно точным формулам, интегрирование аномалии проводится по всей бесконечной плоскости наблюдений; в указанном примере ограничиваются небольшой площадью, околнуренной четко выраженной аномальной изолинией. С точки зрения предварительной оценки запасов эта погрешность незначительна.

Если по характеру аномалии с несомненностью устанавливается, что рудное тело вытянуто на большое расстояние, причем характер его по простиранию изменяется незначительно, то для оценки запасов некоторой части этого тела, в пределах участка, освещенного геофизическими съемками, достаточно определить массу его единичного сечения по формуле

$$\lambda_s = \frac{S}{2k\pi}, \quad (119)$$

где  $S$  — площадь, ограниченная линией, принятой за нулевую нормального значения ускорения силы тяжести на участке работ, с учетом всех факторов и поправок и кривой аномальных значений ускорения силы тяжести, выраженной в миллигалометрах;

$k$  — гравитационная постоянная.

## ГЛАВА IX

### ОСОБЕННОСТИ ОКОНТУРИВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Оконтуривание некоторых видов минерального сырья имеет свои особенности, обусловленные возможностью при смешении некондиционных и кондиционных слоев получать кондиционное сырье без снижения его качества и тем, что оценка качества минерального сырья производится не по одному компоненту, а по их совокупности. Например, флюсовый известняк, применяемый в черной металлургии, оценивается по содержанию в нем окиси кальция и магнезия, нерастворимого остатка, фосфора и серы. Нередко содержание одного из указанных компонентов в отдельных пробах превышает допустимые пределы, но содержание его в других пробах из рассматриваемого разреза не выходит за пределы, установленные кондициями. Аналогичная картина наблюдается и по другим компонентам. Иногда весь разрез, по данным интервальных проб, состоит из некондиционного сырья, причем каждая проба относится к непромышленным по содержанию в ней какого-либо одного компонента, но при смешении их в интервале, характеризующем эксплуатационный уступ, получается вполне кондиционное сырье.

Возможны случаи, когда полезная толща, опробованная короткими секциями, представляется кондиционной, но при смешении всех слоев в пределах эксплуатационного уступа качество сырья по средней пробе, характеризующей интервал, соответствующий принятому при разработке, не соответствует требованиям промышленности. Так, при подсчете запасов формовочных песков, когда по данным секционных проб выделяются слои, сложенные определенными марками песков, при смешении песков ряда слоев различных марок получается песок некондиционный по гранулометрическому составу или газопроницаемости. Здесь при оконтуривании нельзя ограничиваться только суммированием кондиционных слоев в промышленную пачку; необходимо производить пересчет состава на мощность, соответствующую промышленной.

На месторождениях цементных известняков имеющиеся прослойки глины нельзя рассматривать как пустые породы и исключать их из контура полезной толщи, так как производство цемента предусматривает составление шихты, состоящей из известняков и глины, в определенном соотношении; таким образом, глины являются не вредной, а полезной примесью. Из вредных примесей в цементных известняках наиболее часто присутствует окись магнезия, которая в отличие от окиси кальция при обжиге цементной шихты не реагирует с прочими ее компонентами и остается в свободном состоянии; в пережженном состоянии магнезия, в виде периклаза, медленно гидратируется в кладке и, увеличиваясь в объеме, обуславливает появление трещин в затвердевшем цементе, что вызывает необходимость жестко лимитировать содержание ее в клинкере и сырье. Вместе с тем на многих месторождениях в полезной

толще среди чистых известняков встречаются известняки в различной степени доломитизированные. Довольно часто чистые известняки небольшой мощности переслаиваются с доломитизированными известняками или доломитами. Выделение и оконтуривание на таких месторождениях кондиционных пачек промышленной мощности требует производства соответствующих специальных расчетов.

Некоторую специфику имеет оконтуривание месторождений ископаемых солей. Большие расстояния между разведочными скважинами и невозможность их сгущения, во избежание порчи месторождения, не позволяют установить детали и характер фациальных изменений и тектонических нарушений. Вместе с тем при подсчете запасов соляных месторождений, особенно калийных, устанавливается, что залегающие пластов осложнено тектоническими нарушениями, нередко внутриформационного характера, которые вместе с фациальными изменениями состава и качества солей вызывают значительные колебания мощностей как отдельных слоев, так и всего продуктивного горизонта. Вследствие этого, выделение по результатам опробования в разрезах отдельных буровых скважин полезных горизонтов и пластов без увязки их с разрезами соседних скважин практически невозможно.

При оконтуривании месторождений слюды необходимо учитывать не только содержание слюды в жильной породе, но и ее качественную характеристику — выход колотой из забойного сырца и номерной состав ее.

В настоящее время условиями допускаются оконтуривание промышленных тел или по бортовому содержанию забойного сырца в слюдоносных породах, или по минимальному значению качественного показателя. Как показано выше, эти понятия не идентичны; нередко проба с высоким слюдонасыщением из-за низкого выхода колотой слюды и невысокого ее номерного состава оказывается некондиционной по балансовому показателю и, наоборот, проба с невысоким слюдонасыщением, но показавшая высокий выход колотой слюды хорошего качества, может оказаться кондиционной.

Вследствие этого в ряде случаев контур залежи, проведенный по пробам с бортовым слюдонасыщением, значительно отличается от контура, проведенного по минимально допустимому балансовому показателю. Нередко запасы, оконтуренные по бортовому содержанию забойного сырца в породе, не удовлетворяют требованиям промышленности по среднему балансовому показателю в блоке и расцениваются как забалансовые. На рис. 191 приведен пример оконтуривания флогопитоносных тел на Гулинском месторождении (Е. М. Эпштейн и др.). При разведке месторождения флогопитсодержащие породы опробывались секциями длиной 3 м. В секционных пробах определялось содержание забойного сырца в горной массе. На Гулинское месторождение были распространены кондиции, установленные для Алданского района, согласно которым в промышленный контур включены пробы с содержанием флогопита  $5 \text{ кг/м}^3$  или балансовым показателем  $5 \frac{\text{кг} \cdot \text{с.м}^2}{\text{м}^3}$ . Если бы выделение блоков было произведено по слюдонасыщению, то контур промышленной залежи представлял бы собой единый блок с достаточно высоким слюдонасыщением (см. рис. 191). Установлено, что объединенные пробы № 14, 15, 140 имеют балансовые показатели соответственно 0,78; 3,38 и  $3,24 \frac{\text{кг} \cdot \text{с.м}^2}{\text{м}^3}$ , т. е. ниже допустимого предела, вследствие чего интервалы, характеризующиеся этими пробами, из контура подсчета запасов были исключены. В результате флогопитоносная залежь разбилась на два блока — в северной части блок с средним балансовым показателем выше  $20 \frac{\text{кг} \cdot \text{с.м}^2}{\text{м}^3}$ , запасы кото-

робо отнесены к балансовым; в южной части на пробах № 141, 23, 24, 142, 143, балансовые показатели в которых колеблются от 5,01 в пробе № 23, до 22,71 в пробе № 143, построен блок с средним балансовым показателем ниже  $20 \frac{\text{кг сл}^2}{\text{м}^2}$ , запасы флогопита в котором отнесены к забалансовым. В контур этого блока включена одна проба (№ 143), характеризующаяся кондиционным качественным показателем, которая не может быть выделена в самостоятельный блок. На практике видно, что определение промышленной ценности слюдоносных тел производится только по результатам расколки слюды; однако, учитывая, что определение выхода колотой слюды и определение ее номерного состава во всех пробах существенно увеличит стоимость разведки месторождения, представляется целесообразным на всех месторождениях производить расколку слюды в пробах, характеризующих 2—3 спорным разрезам производить расколку слюды в пробах, характеризующих 2—5-метровые интервалы, а по остальным разрезам определять выход колотой и номерного состава слюды по объединенным пробам. Величина интервала, для которого можно допустить объединение проб, определяется размерами залежи, величиной слюдоносности, характером распределения слюды в слюдоносном теле и характером изменения ее качества по мощности, простиранию и падению.

Запасы слюды в контуре, для которого не установлен балансовый показатель, не могут рассматриваться как достаточно изученные и должны относиться к категории С<sub>2</sub>.

ЧАСТЬ III  
МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

**ГЛАВА X**  
**МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ**  
**ИСКОПАЕМЫХ**

**Общая характеристика и применяемость методов**

Все методы подсчета запасов основаны на: 1) распространении фактических данных о параметрах подсчета, полученных в отдельных естественных обнажениях горных пород, выработках и скважинах, на прилегающие участки; 2) преобразовании сложных по форме тел полезных ископаемых в равновеликие им по объему простые тела.

В геологической литературе описано более двадцати способов подсчета запасов твердых полезных ископаемых. Среди этих способов можно назвать следующие: среднего арифметического, геологических блоков, эксплуатационных блоков, вертикальных параллельных сечений, горизонтальных параллельных сечений, непараллельных сечений, линейный, многоугольников, треугольников, четырехугольников, изогипс, изолиний, статистический, графический, среднего угла падения, средней образующей, объемной палетки Соболевского, косинусов, геоморфологический, Прокопьева и др.

В практике применяются первые тринадцать методов. Если учесть, что четвертый, пятый, шестой и седьмой методы являются разновидностью метода разрезов, а способ среднего арифметического поглощается способом геологических блоков, то количество фактически применяемых методов резко сократится.

Относительное распространение этих методов в практике подсчета запасов рудных, нерудных и твердых горючих полезных ископаемых за период с 1941 по 1951 гг. показаны в табл. 22.

Таблица 22

Распределение рассмотренных ГКЗ отчетов с 1941 по 1951 г. по методам подсчетов запасов (в относительных процентах)

Наименование методов подсчета запасов	Рудные месторождения	Месторождения нерудного сырья	Месторождения углей и сланцев
Геологических блоков	37	46	69
Разрезов	48	37	1
Эксплуатационных блоков	12	—	—
Многоугольников	2	14	30
Треугольников	1	1	—
Изолиний	—	2	—

Из таблицы видно, что для подсчета запасов рудных месторождений наиболее широко использовались методы разрезов, геологических блоков и эксплуатационных блоков. Для месторождений нерудного сырья наиболее часто применялись методы геологических блоков, разрезов и достаточно широко метод многоугольников. Для подсчета запасов углей практически использовались два метода — геологических блоков и многоугольников.

Распространение методов подсчета запасов в различные годы приведено в табл. 23.

Таблица 23

Применение методов подсчета запасов твердых полезных ископаемых в процентах

Методы подсчета	1941—1947 гг.	1951 г.	1954 г.
Разрезов	14	45	46
Геологических блоков	16	12	36
Эксплуатационных блоков	34	24	15
Ближайшего района	22,5	15	2
Треугольников	2,5	1	1
Четырехугольников	—	1	—
Прочие	11	2	—

Из таблицы видно, что распространение основных методов (разрезов и геологических блоков) все время возрастает. За 1954 год первые три метода применялись в 97 из 100 случаев подсчета запасов. Применение же остальных методов, включая и метод ближайшего района, резко сокращается.

Ниже приводится описание известных методов подсчета запасов.

### Метод геологических блоков

Метод геологических блоков, впервые описанный В. И. Смирновым в 1950 г., является самым простым и наименее трудоемким. Элементарным, частным случаем этого метода является метод среднего арифметического или, как его иногда называют, суммарный метод, когда все тело полезного ископаемого рассматривается как один блок. Тело полезного ископаемого, ограниченное сложными поверхностями, приравнивается кравновеликой фигуре — диску с постоянной высотой и периметром, соответствующим внешнему контуру тела (рис. 192). Внешний контур, в пределах которого производится подсчет запасов, строится графически. Площадь тела полезного ископаемого измеряется чаще всего планметром или палеткой. Мощность ( $m$ ) определяется как среднее арифметическое по данным всех горных выработок и скважин, пересекших тело полезного ископаемого, по формуле (21). Среднее содержание компонентов ( $c$ ) определяется также среднеарифметически по данным содержаний отдельных выработок по формуле (48). Объем тела полезного ископаемого ( $v$ ) вычисляется по формуле (4); объем той части, которая приходится на приконтурную полосу, если она значительна, т. е. превышает 10% от общей площади, вычисляется отдельно как произведение этой площади на половину средней мощности залежи. Запасы сырья ( $Q$ ) определяются по формуле (3), запасы компонентов ( $P$ ) — по формулам (1, 2, 5 и 6).

Способ среднего арифметического применяется в практике очень редко, обычно для ориентировочной оценки запасов. В общем случае

при подсчете запасов методом геологических блоков площадь тела полезного ископаемого разделяется на отдельные участки — блоки и как бы преобразуется в ряд сомкнутых разновеликих фигур, высота которых равняется средней мощности каждого блока (рис. 193). Графические построения сводятся к общему оконтуриванию тела полезного ископаемого одним из существующих способов и расчленению на

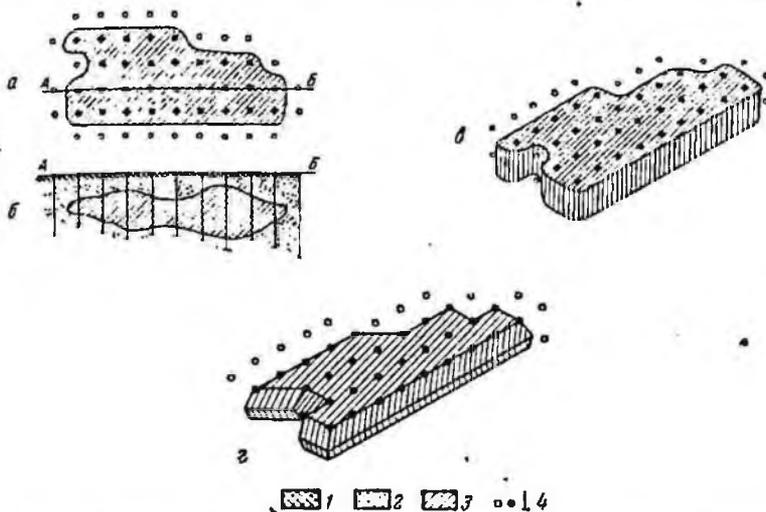


Рис. 192. Схема преобразования формы тела полезного ископаемого при подсчете запасов методом среднего арифметического

*a* — план тела полезного ископаемого; *б* — разрез по линии *AB*; *в* — аксонометрическая проекция преобразованного тела полезного ископаемого без учета поправки на приконтурную полосу; *г* — аксонометрическая проекция преобразованного тела полезного ископаемого с учетом поправки на приконтурную полосу; *1* — растительный слой; *2* — вмещающие породы; *3* — тело полезного ископаемого; *4* — горные выработки: черные, — вскрытие полезное ископаемое, белые, — искрытие полезное ископаемое

подсчетные блоки площади, охваченной общим контуром. При расчленении на блоки выделяются площади: разных сортов полезного ископаемого, отличающихся различной мощностью, содержанием полезных или вредных компонентов, удельным весом, различными технологическими свойствами или другими показателями; разной степени разведанности (по густоте разведочной сети, детальности опробования и т. п.) для определения запасов различных категорий; самостоятельных горно-эксплуатационных участков пород, предназначенных для разных систем обработки или для различной последовательности их эксплуатации.

Разделять площадь тела полезного ископаемого на блоки по другим признакам (в частности, с единственной целью получения наибольшего количества блоков малых размеров) не рекомендуется. Точность

подсчета запасов зависит при прочих равных условиях от количества исходных данных; поэтому, чем крупнее будут блоки и чем на большее количество пересечений будет опираться подсчет, тем точнее он будет выполнен. Вычислительные операции по каждому блоку аналогичны вычислениям при среднеарифметическом способе. Общие запасы мине-

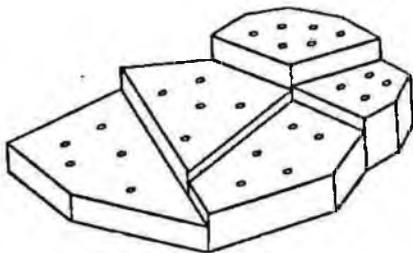


Рис. 193. Преобразование тела полезного ископаемого в группу сомкнутых разновеликих фигур при подсчете запасов по способу геологических блоков

разного сырья и компонентов получают суммированием запасов по отдельным участкам или блокам.

С целью уточнения количества запасов и пространственного их распределения нередко учитываются следующие особенности геологического строения месторождения и его разведки.

1. При наличии на месторождении прямой или обратной зависимости между содержанием полезного компонента и мощностью тела полезного ископаемого среднее содержание подсчитывается не как среднее арифметическое, а как среднее взвешенное на мощность тела в данной точке его пересечения по формуле (49).

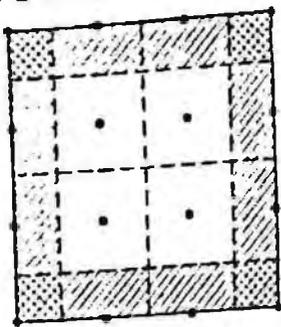


Рис. 194. Схема распределения площадей, освещаемых отдельными выработками внутри контура тела полезного ископаемого при равномерном распределении выработок

1 — горные выработки; 2 — внутренний контур тела полезного ископаемого; 3 — границы площадей, освещаемых отдельными выработками; 4 — площади, освещаемые внутренними выработками, для которых статистический вес принимается равным единице; 5 — площади, освещаемые контурными выработками, для которых статистический вес принимается равным 0,5; 6 — площади контурных выработок, для которых статистический вес принимается условно равным 0,25

ними выработками (рис. 194). Поэтому иногда применяют способ подсчета запасов, при котором все выработки делят на контурные и внутренние. Внутренним выработкам придается статистический вес, равный единице, а контурным — равный 0,5. Среднее содержание вычисляется по формуле

$$c = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_{n-1} m_{n-1} + 0,5 c_n m_n + 0,5 c_{n+1} m_{n+1} + \dots + 0,5 c_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_{n-1} + 0,5 m_n + 0,5 m_{n+1} + \dots + 0,5 m_n} \quad (120)$$

где  $m$  и  $c$  с индексом от 1 до  $n-1$  обозначают мощность и содержание по внутренним выработкам, статистический вес для которых принимается равным единице.

Аналогичное взвешивание на статистический вес возможно и при вычислении средней мощности.

В некоторых руководствах (Изаксон, 1948) указывается возможность учета площади влияния выработок пропорционально углам, в пределах которых эти площади освещаются. Для внутренних выработок эти углы равны  $4d$  или  $360^\circ$ , для контурных они будут различны. При-

2. Когда минеральное сырье приконтурной полосы резко отличается от сырья основной части тела полезного ископаемого (по мощности, содержанию, удельному весу или другим показателям), то при подсчете запасов эту полосу выделяют отдельно. Графически необходимо, кроме внешнего контура, произвести определения внутреннего контура по крайним выработкам. Выделенная межконтурная полоса разбивается по принципу ближайшего района на две части: а) прилегающую к внутреннему контуру, запасы которой определяются по данным внутреннего контура, б) прилегающую к внешнему контуру, запасы которой определяются по минимальным данным, принятым для внешнего контура (кондиционный минимум по мощности и содержанию).

Общие запасы по телу полезного ископаемого определяются как сумма запасов, подсчитанных для внутреннего контура и межконтурной полосы.

3. При равномерном распределении выработок в пределах внутреннего контура тела полезного ископаемого площадь, освещаемая контурными выработками (площадь влияния), от двух до четырех раз меньше, чем площадь, освещаемая внутрен-

ципально это предложение правильное, но оно, усложняя подсчет, мало его уточняет и поэтому в практике подсчета запасов обычно не применяется.

Форма и размеры тел полезных ископаемых, условия залегания, в большинстве случаев характер распределения полезного компонента, а также система разведки не оказывают серьезного влияния на возможность применения метода геологических блоков. Метод распространен очень широко и, за редким исключением, может быть использован во всех случаях.

При условии недостаточной степени разведанности месторождения и небольшого количества исходных данных, метод геологических блоков является единственно рациональным, так как точность подсчета в этих условиях незначительна, а применение других методов только усложнит подсчет. Благодаря своей простоте и скорости получения конечных результатов, этот метод часто применяется для получения предварительных данных и для проверки подсчетов другими методами. Особенно хорошие результаты получаются при наличии большого количества данных, входящих в подсчет запасов, в случае равномерного распределения разведочных выработок, малой изменчивости содержания полезного компонента и мощности тела полезного ископаемого и при отсутствии зависимости между содержанием и мощностью.

Таким образом, описанный метод можно рекомендовать для подсчета запасов как простых, так и сложных тел полезных ископаемых. Основным достоинством метода является необычайная простота, скорость графических построений и вычислительных операций, благодаря чему результаты подсчета получаются во много раз быстрее по сравнению с другими методами.

Как недостаток метода следует отметить, что иногда бывает трудно судить о деталях распределения полезного компонента на месторождении. В этих случаях должны быть составлены специальные геологические разрезы и другие графические материалы, дополнительно освещающие характер распределения ценных компонентов в телах полезных ископаемых.

Все вычислительные операции сводятся к составлению двух основных формуляров: формуляра определения средних мощностей и средних содержаний, который составляется для каждого выделенного подсчетного блока; сводного формуляра подсчета запасов сырья и компонентов по блокам, составляемого отдельно для каждого сорта полезного компонента и категорий запасов.

В качестве примера в табл. 24 приведено определение средней мощности рудного тела и среднего содержания металла в руде, в табл. 25 — подсчет запасов руды и металла.

Таблица 24

Формуляр определения средней мощности рудного тела и среднего содержания металла в руде по методу геологических блоков

Выработка	Мощность, м	Содержание металла, г/т
Шурф № 4	0,90	15
5	0,20	54
.....	.....	.....
49	0,75	36
Всего . . . . .	12,40	948

Количество выработок  $n = 20$   
 Средняя мощность 0,62 м  
 Среднее содержание 47,4 г/т

Формуляр подсчета запасов руды и металла по методу геологических блоков

№ блока	Площадь, м <sup>2</sup> (S)	Средняя мощность, м (m)	Объем рудного тела, м <sup>3</sup> (V)	Объемный вес (d)	Запасы руды, т (Q)	Среднее содержание металла, % (с)	Запасы металла, кг (P)
4	2450	0,62	1510	2,8	4253	47,4	201,6
5	(Данные заносятся аналогично)						
.....							
.....							

Примером подсчета запасов месторождения простой формы может служить подсчет запасов железорудной залежи (рис. 195). Рудная залежь представлена пластом бурых железняков, приуроченных к горизонту нижнего карбона. В результате пострудных размывов нижнемелового и четвертичного периодов, затронувших около 80% рудоносной

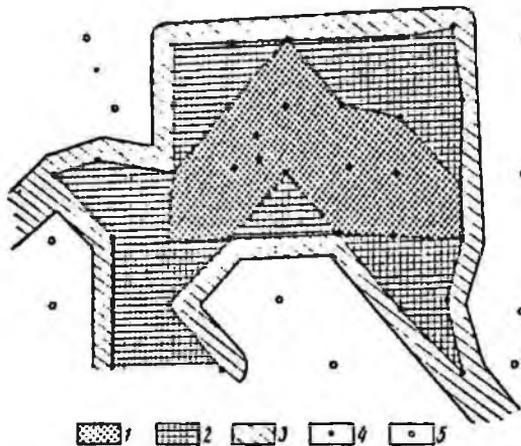


Рис. 195. План подсчета запасов части железорудной залежи

1 — запасы кат. А<sub>2</sub>; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 4 — выработки, встретившие руду; 5 — выработки, не встретившие руду

площади, рудный пласт расчленен на несколько сравнительно небольших линз. Площади отдельных рудных линз составляют от 26 до 168 тыс. м<sup>2</sup>. В пределах каждой линзы рудный пласт не выдержан по мощности и качественному составу. Мощность колеблется от 0,5 до 2,8 м, содержание железа — от 20 до 57% и кремнезема — от 5,5 до 38%. Подошва рудного пласта неровная, на коротких расстояниях, отметки подошвы от поверхности земли изменяются от 5 до 15 м. Подстилается рудный пласт в основном глинами и песками. В кровле залегают также пески и глины. Детальная разведка залежи произведена по стометровой квадратной сетке скважинами ручного бурения, шурфами и дудками. На отдельных участках разведочная сеть сгущена путем проходки разведочных выработок в центрах квадратов основной сетки. Запасы руды подсчитаны методом геологических блоков с оконтуриванием рудных залежей и подсчетных блоков на плане (рис. 195). Внутренний контур проведен в пределах разведочных выработок, вскрывших рудный горизонт. Внешний контур построен по способу среднего угла выклинивания. В пределах внутреннего контура рудное тело разбито на несколько участков с отнесением запасов к категориям А<sub>2</sub> и В. При разбивке на участки различных категорий учитывалась степень разведанности, изученность обводненности и общая геологическая и горнотехническая изученность участка. По категории А<sub>2</sub> квалифицированы запасы внутри контура разведочных выработок на площади

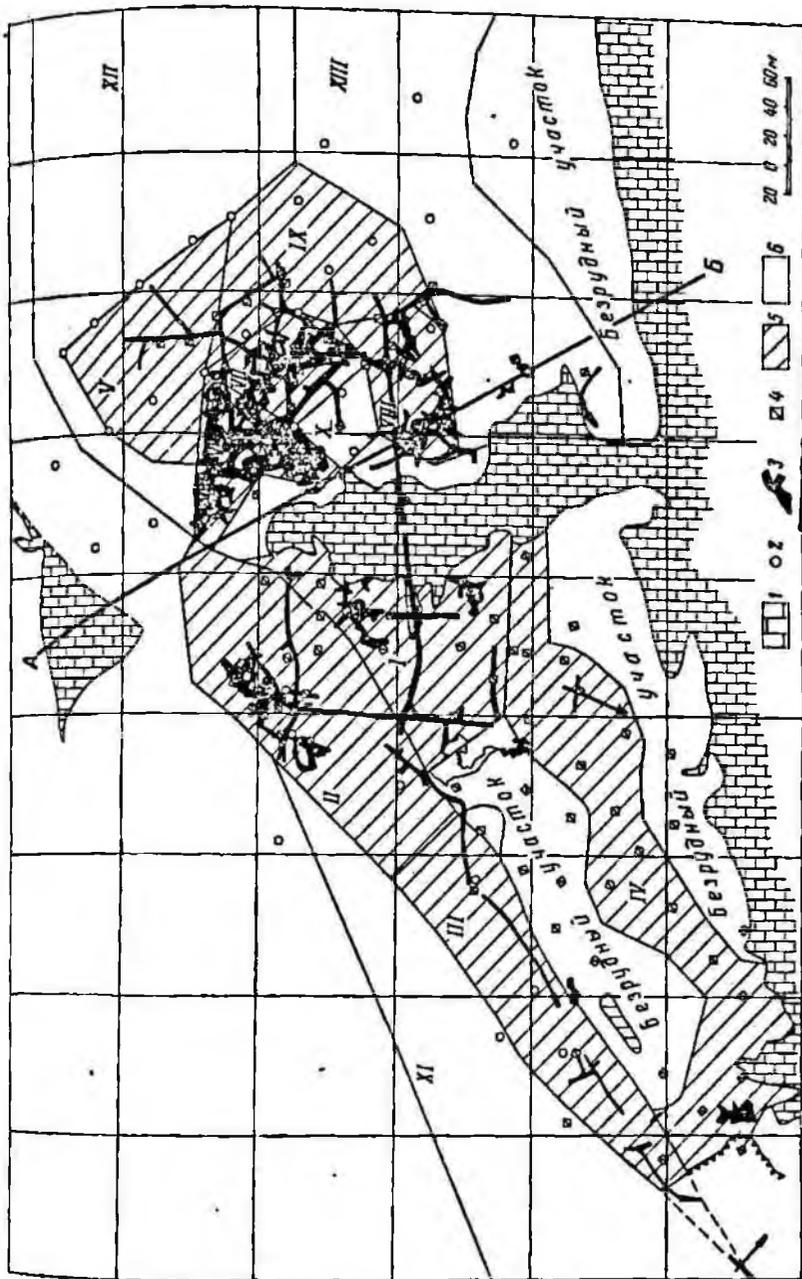


Рис. 196. Подсчет запасов руды, распределенной в виде спорадических гнезд в пологой залежи окварцованных известняков. Проекция на горизонтальную плоскость

1 — выходы массивных известняков (подстилающие породы); 2 — скажины; 3 — полезные разломы, подготовительные и эксплуатационные выработки; 4 — вертикальные горные выработки; 5 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 6 — запасы кат. B.

с разведочной сеткой, сгущенной до 70 м, где характер изменчивости рудного пласта прослежен штреками.

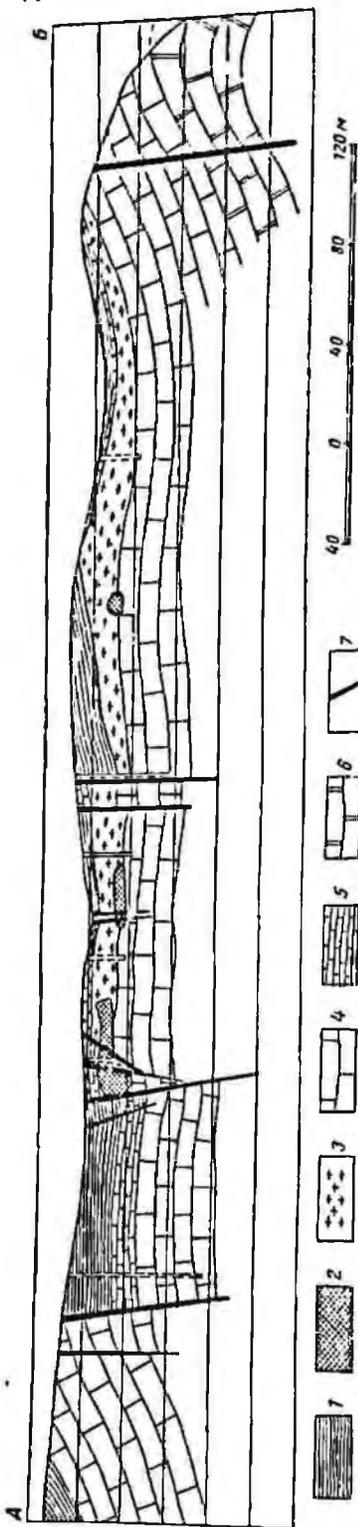


Рис. 197. Геологический разрез по линии АБ залежи окварцованных известняков с гнездами руды (к плану, изображенному на рис. 196)

1 — сланцы; 2 — руда; 3 — окварцованные известняки; 4 — массивные известняки среднего карбона; 5 — массивные известняки среднего карбона; 6 — массивные известняки нижнего карбона; 7 — линия сброса

Кроме того, эта часть залежи приурочена к повышенной части рельефа, пласт залегает выше уровня грунтовых вод и отработка его не связана с организацией специального водоотлива. К категории В отнесены запасы остальной внутриконтурной части залежи с аналогичной разведанностью ниже уровня грунтовых вод. Для отработки этой части залежи необходима организация водоотлива, что требует дополнительного изучения водопритоков в будущие выработки. Запасы, расположенные между внутренним и внешним контурами, отнесены к категории С<sub>1</sub>. Средняя мощность в пределах каждого подсчетного контура определена среднеарифметическим способом. Среднее содержание железа и остальных компонентов вычислено как среднее взвешенное на мощность.

Другим примером может служить подсчет запасов сложного месторождения, общий план залежи которого изображен на рис. 196, а один из разрезов — на рис. 197. Известняки среднего палеозоя, перекрытые сланцами верхнего палеозоя, сложены в пологую, куполовидную антиклинальную складку, разбитую многочисленными сбросами. На контакте между известняками и перекрывающими их сланцами расположен мощный метасоматический горизонт окварцованных известняков, содержащий рудную вкрапленность. Эта вкрапленность, местами сгущаясь, создает гнезда промышленной сульфидной руды. Отдельные гнезда в пределах рудоносного горизонта располагаются бессистемно, не имеют геологических границ, переходя плавно через зону вкрапленников в безрудный материал, и находятся в верхней, средней, а иногда и в нижней части рудоносного горизонта. Размеры

гнезд колеблются в широких пределах от единиц до нескольких сот кубических метров. Распределение главного рудного минерала (сульфида) в рудном контуре крайне неравномерно и характеризуется коэффициентом вариации от 86 до 250.

Разведка месторождения осуществлялась комбинированным, горно-буровым способом. Рудоносный горизонт при неглубоком его залегании вскрывался шурфами, а при более глубоком (свыше 15 м) — скважинами колонкового бурения по сетке  $50 \times 50$  м. Расшурфовка и бурение позволили оконтурить площади с различной рудоносностью и выяснить геологический разрез для планирования вскрытия и отработки месторождения. На рудоносных участках была пройдена система подземных горизонтальных и вертикальных капитальных выработок. Из выработок, вскрывших гнезда с кондиционной рудой, были заложены очистные камеры, при помощи которых эти гнезда были быстро выработаны. Очистные работы сопровождалась эксплуатационной разведкой для уточнения контуров и условий залегания рудного тела. Отсюда следует, что рудные гнезда не могли быть более или менее точно оконтурены в процессе разведки, их полные контуры выяснились только после их отработки.

При подсчете запасов проекция рудоносного пласта разбивалась на участки по степени рудоносности и по категориям запасов. Крупные участки разделены на ряд блоков, контуры которых определялись горнотехническими возможностями вскрытия и отработки (участки открытых и подземных работ; площади, тяготеющие к определенным капитальным выработкам, и др.). Мощность по блокам определялась как средняя арифметическая, а содержание металла — как среднее по рудным скважинам и горным выработкам. Подсчет запасов металла производился с учетом коэффициента рудоносности по каждому блоку. Этот коэффициент определялся отношением числа рудных выработок и скважин к общему числу выработок и скважин в блоке и колебался для отдельных блоков от 0,3 до 0,8.

### Метод эксплуатационных блоков

Этот метод является одним из наиболее распространенных при подсчете запасов жильных или маломощных пластовых месторождений, когда разведка производится в основном горными выработками с расчленением тела полезного ископаемого на эксплуатационные блоки. Под блоками в данном случае принято понимать отдельные части тела, оконтуренные и опробованные с четырех (или менее) сторон штреками и восстающими (рис. 198). Таким образом, сложная форма тела полезного ископаемого как бы преобразуется в ряд сомкнутых по штрекам и восстающим разновеликих параллелепипедов (или напоминающих их фигур), высота которых равняется средней мощности по каждому блоку, а основание — площади блока (рис. 199). Запасы подсчитываются в пределах каждого оконтуренного блока, общие запасы минерального сырья и компонентов определяются суммированием запасов всех блоков.

Графические построения сводятся к изображению продольной проекции тела полезного ископаемого на основании маркшейдерских данных. Для вертикальных и крутопадающих тел строится проекция тела в плоскости падения или чаще на вертикальную плоскость, при пологом залегании — на плане с изображением горизонтальных и вертикальных выработок, расчленяющих тело полезного ископаемого на эксплуатационные блоки, нанесением мест взятия проб, мощностей тела по каждому замеренному сечению (пробе) и содержания полезного компонента по данным анализов.

... блоку распределяется про-  
... по блоку и на объем-  
... массы сырья на среднее

... для блока, окон-  
... при условии равномерного  
... распределяется по формуле

$$V = \frac{M}{\rho} \quad (121)$$

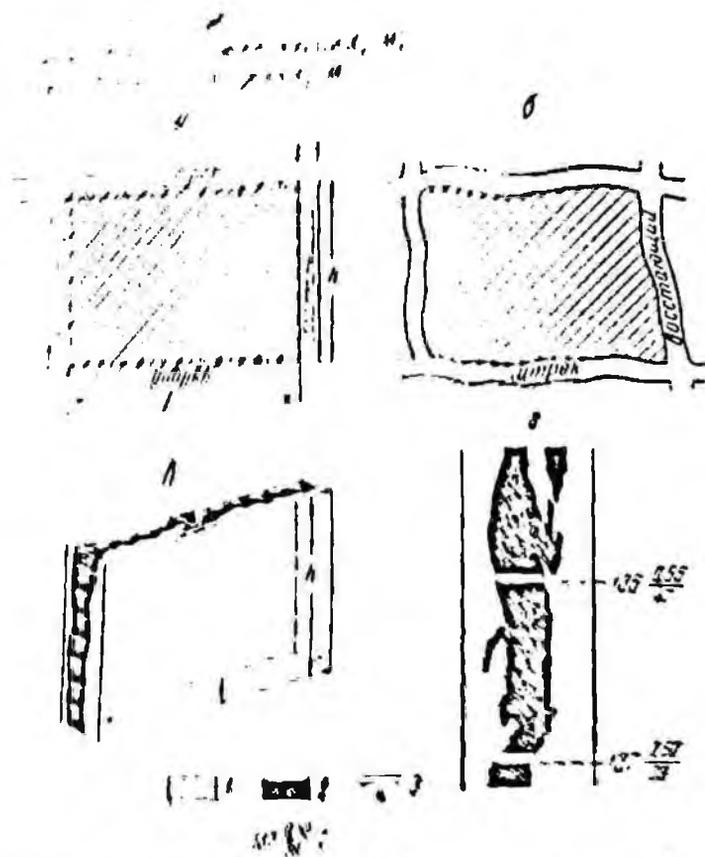


Рис. 121. а — вид изнутри ископаемого блока, оконуренного выработками с четырех сторон; б — проекция блока с выработками; в — часть блока, выработанная выработками; г — часть блока, выработанная выработками

а — вид изнутри ископаемого блока, оконуренного выработками с четырех сторон; б — проекция блока с выработками; в — часть блока, выработанная выработками; г — часть блока, выработанная выработками

$$V = \frac{M}{\rho} \quad (121)$$

Известно тем, что контур блока часто бывает непрямолинейным (рис. 122) площадь из проекции измеряется планиметром, ленткой и др. способами. Когда тело ископаемого и все выработки, расположенные на блоке, спроектированы на плоскость, не совпадающую с поверхностью его падения, то величина истинной площади определится лишь внесением поправки по формуле (118).

При измерении падения тела ископаемого угол проекции для каждой выработки блока можно вычислять самостоятельно. В тех случаях, когда бортовые пробы располагаются не перпендикулярно к мощности рудного тела, а горизонтально, т. е. нормально к вертикаль-

ной плоскости, на которую проектируется тело, вводить поправок на угол проекции при вычислении как средней мощности по блоку, так и площади не требуется. Например, рудная жила, имеющая угол падения  $75^\circ$ , опробована горизонтальными бороздами. Жила и выработки, расчленяющие ее на блоки, спроектированы на вертикальную плоскость, параллельную простиранию жилы. Площадь блока, замеренная на такой проекции, умноженная на среднюю горизонтальную мощность, дает истинный объем руды в блоке.

При достаточно равномерном распределении проб по контуру блока средняя мощность ( $m$ ) для блока определяется как средняя арифметическая по формуле (21).

При равномерном распределении полезного компонента, отсутствии зависимости между его содержанием и мощностью тела полезного ископаемого, имея достаточно равномерное распределение проб по контуру блока, среднее содержание для блока ( $c$ ) определяется так же, как среднее арифметическое по данным штреков и восстающих по формуле (48). При наличии зависимости содержания от мощности среднее содержание вычисляются как средневзвешенное на мощность по формуле (49).

Практически часто расстояния между пробами не соблюдаются строго, а зависимость между содержанием полезного компонента и мощностью остается неизученной. В этих условиях при неравномерном распределении проб по контуру блока среднее содержание часто определяют путем взвешивания содержаний отдельных проб на длину их влияния по формуле (50) (если отсутствует зависимость содержания от мощности) или по формуле (51) (при наличии зависимости содержания от мощности). Среднюю мощность по блоку ( $m$ ) в этом случае высчитывают путем взвешивания отдельных замеров мощностей по пробам на длины влияния этих проб по формуле (22). В отдельных случаях при резком колебании значений объемных весов среднее содержание определяют взвешиванием частных содержаний на объемный вес по формуле (53).

Во многих руководствах по подсчету запасов рекомендуется вычислять среднюю мощность и среднее содержание полезного компонента последовательно, вначале для каждой стороны блока (по формулам, приведенным выше), затем для блока в целом — по следующим формулам:

$$m = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + m_3 l_3 + m_4 l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}, \quad (122)$$

$$c = \frac{m_1 l_1 c_1 + m_2 l_2 c_2 + m_3 l_3 c_3 + m_4 l_4 c_4}{m_1 l_1 + m_2 l_2 + m_3 l_3 + m_4 l_4}, \quad (123)$$

где  $m$  — средняя мощность тела полезного ископаемого по блоку;

$m_1, m_2, m_3, m_4$  — средние мощности тела полезного ископаемого по соответствующим сторонам;

$l_1, l_2, l_3, l_4$  — длина блока по штрекам и восстающим;

$c$  — среднее содержание компонента по блоку;

$c_1, c_2, c_3, c_4$  — средние содержания компонента по выработкам.

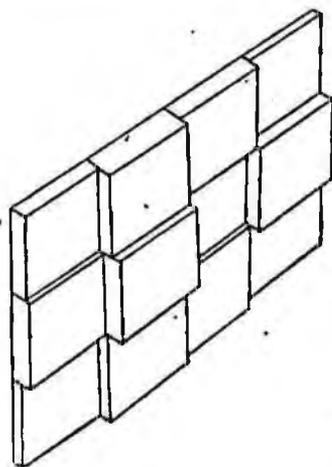


Рис. 199. Схема преобразования тела полезного ископаемого в группу сомкнутых по штрекам и восстающим параллелепипедов при подсчете запасов по способу эксплуатационных блоков

Эти формулы не уточняют подсчета запасов, но упрощают технику, когда приходится определять запасы по нескольким блокам, примыкающим друг к другу. В этом случае использование указанных формул помогает сократить расчетные операции, так как данные одной и той же выработки учитываются при подсчете не менее двух раз.

Как видно на рис. 200, штрек № 15 — при определении запасов по блокам 1 и 3; штрек № 14 — при определении запасов по блокам 2 и 4; восстающий № 7 — при подсчете запасов по блокам 1 и 2, а восстающий № 6 — по блокам 3 и 4. В этом случае средние данные, вычисленные по штреку № 14 для блока № 1, могут быть использованы в конечном их виде как данные по выработке в целом при определении запасов по блоку № 3, и повторного вычисления их можно избежать. То же относится к штреку № 15 и восстающим № 6 и 7.

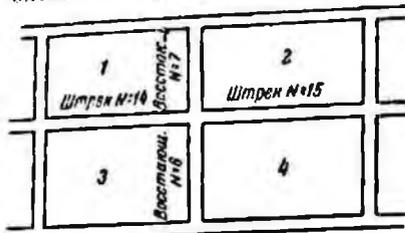


Рис. 200. Схема расположения примыкающих блоков. Номерами отмечены подсчетные блоки

ным стенкам, определяют средние величины содержания полезных компонентов и мощности по выработке в целом и распространяют эти величины на примыкающие блоки.

Иногда при неравномерном распределении проб в пределах выработок, оконтуривающих подсчетный блок, можно наметить участки, внутри которых расстояния между пробами более или менее одинаковы. В таких случаях рекомендуется определять среднее содержание для блока способом промежуточных средних, предложенным П. Л. Каллистовым. Согласно этому способу сначала следует вычислить промежуточные средние арифметические содержания по каждому интервалу, характеризующемуся одинаковой плотностью опробования, а затем подсчитать среднее из этих промежуточных как среднее взвешенное из длины выделенных интервалов. Способ вычисления промежуточных средних применяют также при неравномерном распределении ценных компонентов в минеральном сырье. В этом случае отдельно определяют среднее содержание для обогащенных и убогих участков, после чего вычисляют среднее содержание по выработке путем взвешивания на длину этих участков.

Кроме описанных общих принципов определения запасов методом эксплуатационных блоков, необходимо разобрать отдельные частные случаи, встречающиеся в практике разведки.

1. Приведенные выше способы определения средней для блока мощности ( $m$ ) применимы при условии, когда мощность тела полезного ископаемого не превышает сечения горных выработок. Если мощность

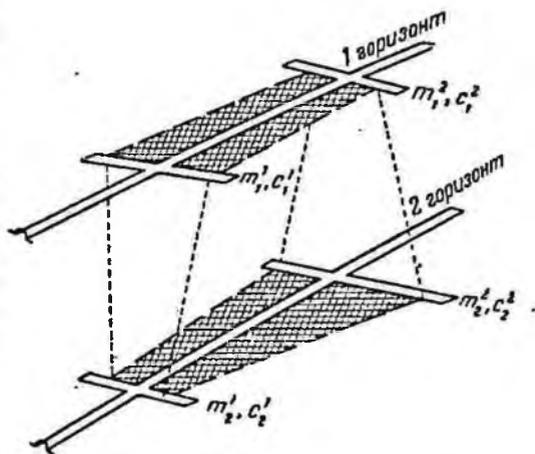


Рис. 201. Подсчет запасов эксплуатационного блока мощного тела

превышает ширину разведочных выработок, подсчет запасов по эксплуатационным блокам осуществляется на основании данных о мощности и содержании компонентов по ортам, дающим полное пересечение тела полезного ископаемого (рис. 201). Так как при подсчете запасов эксплуатационных блоков мощных тел используются только данные по опробованию ортов и квершлагов, а данные по опробованию штреков и восстающих не используются, выработки, идущие по простиранию и восстанию тела полезного ископаемого, могут для целей подсчета запасов не опробоваться. Опробование этих выработок (обычно с расширенным интервалом между пробами) можно производить для других целей (изучение изменения качества минерального сырья и пр.).

В некоторых случаях пробы, отобранные по штреку, дают возможность уточнить содержания, определяемые в ортах. С этой целью пробы, отобранные по штреку между двумя ортами (например, № 25 и 26, на рис. 202), разбивают по принципу ближайшего района на две группы, каждая из которых тяготеет к тому или иному орту. Например, пробы 1, 2, 3 и 4 — к орту № 25, а пробы 5, 6, 7, 8 — к орту № 26. Затем вычисляют среднее содержание по каждой группе проб с учетом пробы прилегающего орта. Например, среднее по пробам 1, 2, 3, 4 и 12 для орта 25 и по пробам 5, 6, 7, 8 и 18 для орта 26. Полученные средние значения используют при определении средних содержаний по ортам взамен соответствующих проб 12 и 18.

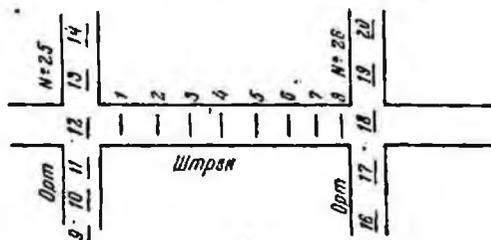


Рис. 202. Схема использования проб, отобранных по штреку для определения средних содержаний по ортам. Цифрами отмечены номера проб, линиями — места отбора проб

2. Нередко определяют запасы минерального сырья в блоках, оконтуренных выработками и опробованных только с трех или даже с двух сторон (рис. 203). Когда блок вскрыт и опробован с трех сторон (рис. 203, а), следует вычислять среднее содержание и среднюю мощность

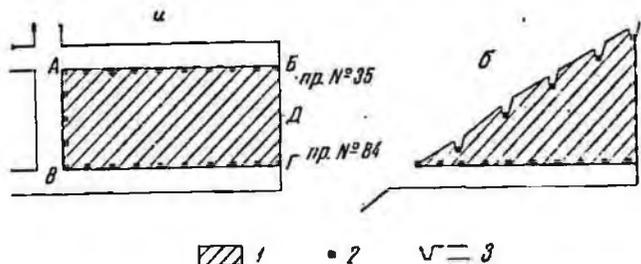


Рис. 203. Схема эксплуатационных блоков, оконтуренных горными выработками с трех сторон (а) и с двух сторон (б)  
1 — площадь подсчетного блока; 2 — место взятия пробы; 3 — горные выработки

для блока по данным трех сторон; средние данные условно распространяются на четвертую, не опробованную сторону (БГ). Иногда влияние крайних проб (№ 35 и 84) распространяют на всю неопробованную сторону блока БГ путем взвешивания данных этих проб на прилегающие к соответствующей из них половине стороны блока. В нашей схеме, следовательно, данные пробы № 35 взвешивают на отрезок БД, а данные пробы № 84 — на отрезок ДГ. Применение такого взвешивания увеличивает значение (статистический вес) крайних проб, что является

неверным, особенно для месторождений с неравномерным распределением полезного компонента, и поэтому не должно применяться при подсчете запасов.

Когда блок вскрыт только с двух сторон (см. рис. 203, б) и отсутствует какое-либо закономерное изменение содержания полезного компонента или мощности рудного тела по падению, рекомендуется вычислять среднее содержание и среднюю мощность для блока как среднее арифметическое.

3. Блоки верхних горизонтов тел полезных ископаемых часто бывают опробованы с поверхности редкой сетью проб, отображенных в канавах, а по падению и простираннию вскрыты горными выработками, которые опробуются по более густой сетке. Следовательно, степень изученности отдельных сторон (сечений) блоков неравноценна (рис. 204).

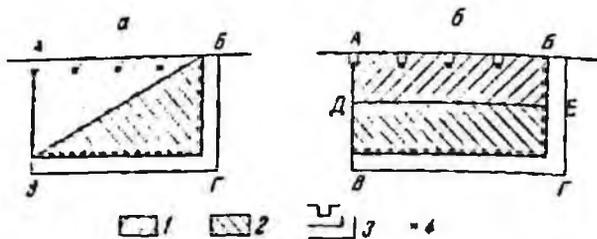


Рис. 204. Схема расчленения эксплуатационных блоков для подсчета запасов при неравноценной изученности сторон

а — при отсутствии закономерного изменения содержания или мощности по падению; б — при наличии закономерного изменения содержания или мощности по падению; 1 — подсчетная площадь верхнего блока; 2 — подсчетная площадь нижнего блока; 3 — горные выработки; 4 — место взятия проб

В таких случаях особое значение приобретает изучение геологических особенностей месторождений и, в частности, характера распределения полезного компонента. Если по данным опробования выработок, идущих по падению, не фиксируется каких-либо закономерных изменений с глубиной содержания полезного компонента или мощности тела полезного ископаемого, то весь блок  $АВВГ$  расчленяют на два (рис. 204) по линии  $ВВ$  и по каждому из них запасы подсчитывают отдельно. При этом запасы блока  $АВВ$  нередко приходится относить к более низкой категории, как менее изученные. Среднее содержание компонента и среднюю мощность тела для блока  $ВВГ$  определяют по данным опробования выработок  $ВГ$  и  $БГ$ , для блока  $АВВ$  — как среднее арифметическое между средними данными, полученными для стороны  $АВ$  (по канавам), и средними данными по блоку  $ВВГ$ .

Если по данным опробования выработок, идущих по падению, фиксируется закономерное изменение мощности тела полезного ископаемого, содержание компонента (например, наличие миграции золота в приповерхностной зоне или др.) или изменение сортов минерального сырья (например, смена окисленных руд первичными), то блок  $АВВГ$  делят на два по линии  $ДЕ$  (рис. 204) и запасы каждого из них подсчитывают отдельно. Линию  $ДЕ$  проводят по границе различного по составу минерального сырья или различной мощности тела полезного ископаемого, а положение ее определяют на основании данных выработки  $БГ$ .

4. Глубокие горизонты тела полезного ископаемого сравнительно часто разведуют буровыми скважинами. Контур блока (рис. 205) в этом случае определяют точками пересечения тела скважинами (нижняя граница блока) в штреком (верхняя граница). Для вычисления мощности и содержания по блоку пользуются несколькими способами.

При более или менее равномерном распределении полезного компонента вычисляют среднюю мощность тела полезного ископаемого по формуле

$$m = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2}{l_1 + l_2}, \quad (124)$$

где  $m$  — средняя мощность по блоку;  
 $m_1$  — средняя мощность по штреку;  
 $m_2$  — средняя мощность по скважинам;  
 $l_1$  — длина блока по штреку;  
 $l_2$  — длина блока по скважинам (СД).

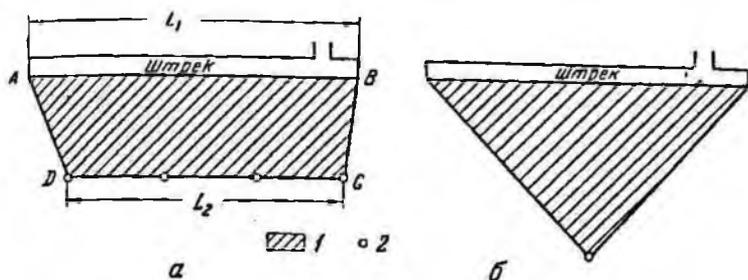


Рис. 205. Схема оконтуривания эксплуатационных блоков при разведке глубоких горизонтов буровыми скважинами

*a* — при пересечении тела полезного ископаемого несколькими скважинами;  
*б* — при пересечении тела полезного ископаемого одной скважиной;  
 $1$  — площадь подсчетного блока;  $2$  — буровые скважины

Среднее содержание компонента вычисляют по формуле

$$c = \frac{c_1 m_1 l_1 + c_2 m_2 l_2}{m_1 l_1 + m_2 l_2}, \quad (125)$$

где  $c$  — среднее содержание компонента по блоку;  
 $c_1$  — среднее содержание компонента по штреку;  
 $c_2$  — среднее содержание компонента по скважинам; значения  $m$  и  $l$  — те же.

При наличии одной скважины влияние ее распространяют на половину расстояния между скважиной и горизонтом горных работ, что соответствует 0,25 площади всего блока (треугольника). Тогда средняя мощность для блока может быть вычислена по формуле

$$m = \frac{3m_1 + m_2}{4}, \quad (126)$$

а среднее содержание по блоку — по формуле

$$c = \frac{3c_1 + c_2}{4}, \quad (127)$$

где значения  $m$  и  $c$  аналогичны указанным выше.

При неравномерном распределении полезного компонента буровые скважины служат только для определения контуров блоков. Достоверность данных о мощности тела полезного ископаемого и, тем более, о содержании компонентов по скважинам крайне низка и их можно рассматривать лишь как единичные пробы. Исходя из этого, учитывают статистический вес проб и вычисляют мощность для блока по формуле

$$m = \frac{m_1 l_1 n_1 + m_2 l_2 n_2}{l_1 n_1 + l_2 n_2}, \quad (128)$$

где  $n_1$  — число проб по штреку;  
 $n_2$  — число скважин.

Для вычисления среднего содержания компонента по блоку (с) используют аналогичную формулу.

При одной скважине подсчет ведется по упрощенной формуле

$$m = \frac{m_1 n_1 + m_2}{n_1 + 1} \quad (129)$$

При оконтуривании блоков необходимо учитывать распределение внутри них различных типов и сортов минерального сырья, а также геологические факторы, определяющие особенности строения блока, как пережимы, тектонические смещения, склоны рудных столбов и пр. Оконтуренный выработками блок расчленяют на несколько мелких блоков, запасы которых подсчитываются отдельно. Метод эксплуатационных блоков распространен для соответствующих условий чрезвычайно широко и применяется при подсчете запасов простых и сложных по форме тел полезных ископаемых. Все расчетные операции сводятся к составлению формуляров (табл. № 26, 27 и 28). В качестве примера

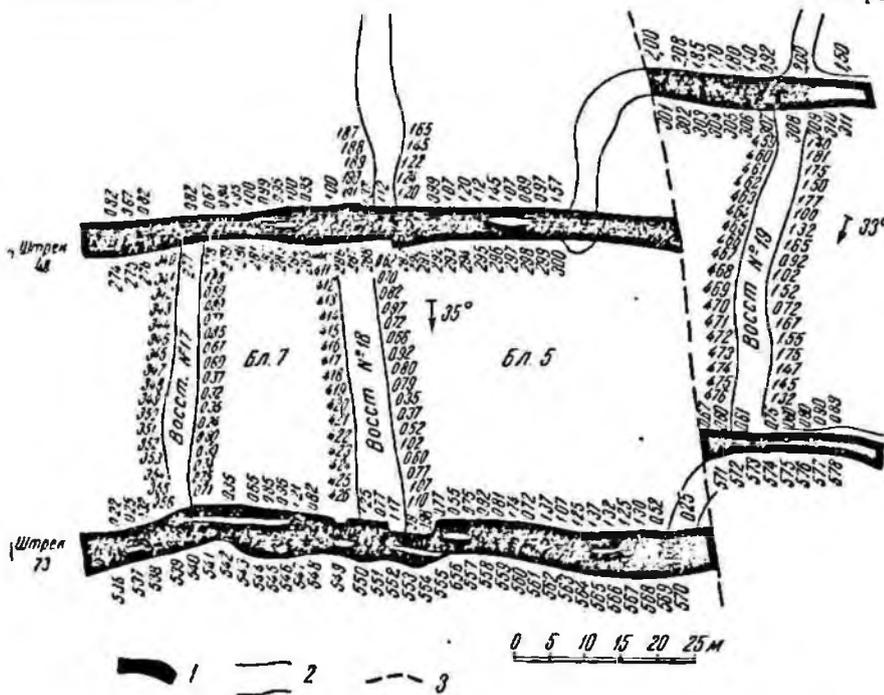


Рис. 206. План подсчетных блоков (по А. А. Кренигу, К. Л. Пожарицкому, А. А. Розину)

1 — рудная жила; 2 — горные выработки; 3 — линии тектонических нарушений. Цифры слева от выработок — номера проб; цифры справа — мощности

(рис. 206) приведен подсчет запасов для двух блоков одного из жильных месторождений золота [Крениг, Пожарицкий и Розин, 1940]. Блоки оконтурены с четырех сторон горными выработками. Рудное тело опробовано по штрекам и восстающим бороздовыми пробами с более или менее равными расстояниями между ними. Последнее обстоятельство позволило при определении средней мощности для блока применить способ среднего арифметического. Среднее содержание ввиду отсутствия зависимости между содержанием и мощностью подсчитано так же, как среднее арифметическое (см. табл. 26 и 27). Подсчет запасов по всем блокам сведен в табл. 28.

Таблица 26

## Формуляр вычисления средних величин по выработкам

Выработка и № пробы	Мощность, м	Содержание золота, г/т
Восстающий 17		
341	1,88	10,0
342	0,60	3,2
356	0,71	3,7
Итого 16	10,25	477,1
Восстающий 18		
410	0,62	10,7
411	0,70	6,0
426	1,10	5,0
Итого 17	12,89	261,63
Восстающий 19		
459	1,40	32,0
460	1,81	1,0
476	1,32	0,0
Итого 18	25,83	471,42
Штрек 48 между восстающими 17 и 18		
277	0,82	2,3
278	0,67	3,4
286	1,00	98,0
Итого 10	9,57	322,10
Штрек 48 между восстающими 18 и 19		
287	1,37	170,0
288	1,12	9,2
307	0,92	1,0
Итого 81	28,03	1473,36
Штрек 73 между восстающими 17 и 18		
540	0,30	4,0
541	0,49	7,8
551	0,77	5,6
Итого 18	8,90	44,88
Штрек 73 между восстающими 18 и 19		
558	1,17	3,0
553	0,80	сл.
573	0,61	4,0
Итого 22	20,31	91,52

Формуляр вычисления средних величин по блокам

Таблица 27

№ блока	Название выработки	Количество проб	Сумма мощностей, м	Сумма содержания, г/т	Средняя мощность по блоку, м	Среднее содержание по блоку, г/т
7	Восстающий 17 . . . . .	16	10,25	477,1		
	Восстающий 18 . . . . .	17	12,89	261,63		
	Штрек 48 . . . . .	10	9,57	322,10		
	Штрек 73 . . . . .	12	8,90	44,88		
	Итого . . . . .	55	41,61	1105,71	0,76	20,10
5	Восстающий 18 . . . . .	17	12,89	261,63		
	Восстающий 19 . . . . .	18	25,83	471,42		
	Штрек 48 . . . . .	21	28,03	1473,36		
	Штрек 73 . . . . .	22	20,31	91,52		
	Итого . . . . .	78	87,06	2297,93	1,12	29,46
и т. д.						

Таблица 28

Сводная таблица запасов

№ пл.	№ блока и категория запасов	Площадь блока, м <sup>2</sup>	Средняя мощность блока, м	Объем блока, м <sup>3</sup>	Объемный вес	Запас руды, т	Среднее содержание металла, г/т	Запас металла, кг
Запасы категории А <sub>2</sub>								
3	7—А <sub>2</sub>	510	0,76	388	2,6	1010	20,10	20,30
4	5—А <sub>3</sub>	1290	1,12	1445	2,6	3760	29,46	110,77

Примечание. Для каждой категории запасов целесообразно составлять отдельную таблицу.

Пострудная тектоника месторождения была изучена достаточно детально, что дало основание при разбивке рудного тела включить смещенные по тектоническому нарушению части жилы в пределы подсчетных блоков.

При опробовании замерялась вертикальная мощность рудного тела, и так как подсчет запасов производился на плане (пологопадающая жила), то поправку на угол падения жилы не вводили.

Достоинства подсчета запасов по методу эксплуатационных блоков очень существенны и сводятся к следующему: 1) простота графических построений и всех вычислительных операций; 2) подсчет запасов производят в пределах первичных горноэксплуатационных участков, какими являются блоки, и может быть без пересчетов использован при планировании и проектировании эксплуатационных работ; 3) метод позволяет выделить участки (блоки) различного по качеству минерального сырья.

Недостатками метода являются ограниченные возможности его применения. Он применим только при условии нарезки относительно выдержанных тел полезных ископаемых горными выработками с оконтуриванием отдельных эксплуатационных блоков с ряда сторон. Гнездовые, прерывистые тела могут подсчитываться методом эксплуатационных блоков с введением коэффициента рудоносности, но подсчеты будут менее надежны.

### Метод разрезов

Метод разрезов применяется при подсчете запасов месторождений, разведанных выработками, расположенными по разведочным линиям, на основании которых можно построить геологические разрезы. Иногда этот метод называют методом параллельных сечений или параллельных разрезов. Но в связи с тем, что разрезы часто бывают непараллельными, это название является не совсем точным.

При методе разрезов предполагается достаточно правильная организация разведочных работ на месторождении, в частности проходка разведочных выработок или скважин по более или менее параллельным линиям и достаточно равномерное распределение их с полным пересечением тела полезного ископаемого.

Строить разрезы, пересекающие тела полезных ископаемых, можно в плоскостях, секущих тело либо в вертикальном направлении, когда разведка осуществлялась по вертикальным линиям, либо в горизонтальном, — когда разведка производилась по горизонтам. В связи с этим различают две разновидности этого метода — вертикальных и горизонтальных разрезов. Принципы подсчета запасов для этих разновидностей одни и те же. Иногда расположение выработок позволяет применить любой из этих двух вариантов, но следует выбрать тот из них, который больше отвечает требованиям эксплуатации или требованиям проектирующих организаций. Если, например, месторождение обрабатывается или предполагается к отработке по горизонтам, то лучше подсчет выполнить методом горизонтальных разрезов.

Как в первом, так и во втором случае желательно построение контрольных профилей, пересекающих основные подсчетные разрезы. Например, при подсчете запасов вертикальными разрезами рекомендуется строить контрольные горизонтальные сечения или вертикальные, но перпендикулярные основным.

При подсчете запасов методом разрезов на основании данных разведочных выработок строятся геологические разрезы (по каждой разведочной линии или по каждому горизонту выработок) с изображением сечений тела полезного ископаемого в вертикальной или горизонтальной плоскости. Вертикальные геологические разрезы строят с учетом элементов залегания горных пород, вмещающих тело полезного ископаемого, определяемых на поверхности по линии разведочного профиля. 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. 207). Запасы минерального сырья и компонентов определяются отдельно для каждого из выделенных блоков. Общие запасы получаются суммированием запасов отдельных блоков, которые определяются несколькими способами.

Объем блока вычисляется как произведение площади среднего сечения  $S$  на длину  $l$ , легко устанавливаемую путем замера расстояния между сечениями. Площадь среднего сечения блока определяют разными методами, например, как произведение средней мощности тела полезного ископаемого на его ширину  $h$ , определяемую путем замера расстояния между крайними точками тела. Среднюю мощность находят либо как среднее арифметическое, либо как среднее взвешенное на расстояния влияния выработок  $l_i$ ; при этом в точках выклинивания принимают мощность тела, равную мощности, установленной кондициями.

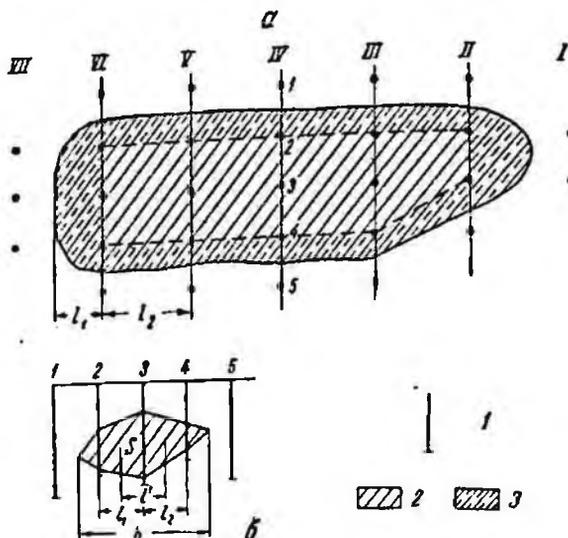


Рис. 207. Схема расположения подсчетных блоков при подсчете запасов методом разрезов

$a$  — план;  $b$  — разрез по линии  $IV$ ;  $1$  — разведочные выработки;  $2$  — площадь тела полезного ископаемого;  $3$  — площадь приконтурной полосы

Расстояние влияния выработки  $l$  вычисляется как полусумма расстояний ( $l_1$  и  $l_2$ ) до ближайших выработок по формуле (54).

Чаще всего площадь сечения тела полезного ископаемого определяется на разрезе планиметром или палеткой, что для целей подсчета запасов дает достаточную точность. Площадь сечения маломощных тел пластового типа, особенно залегающих в условиях сильной складчатости, можно определять с помощью курвиметра, как произведение общей протяженности тела, замеренной курвиметром, на среднюю мощность, установленную по данным разведочных выработок.

Для вычисления объема блока используются следующие формулы:

1) когда площади сечений тела полезного ископаемого, ограничивающие блок, более или менее равновелики, а сечения близки к параллельным, — формула призмы

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot l, \quad (130)$$

где  $V$  — объем блока;

$S_1$  и  $S_2$  — соответственно 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 отли-

чаются друг от друга (более чем на 40%), — формула усеченной пирамиды

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}}{3} l \quad (131)$$

при тех же значениях параметров.

Для крайних блоков, которые опираются только на одно сечение, объем может быть определен также по нескольким формулам в зависимости от характера выклинивания тела полезного ископаемого:

1) по формуле клина<sup>1</sup>

$$V = \frac{S_1 \cdot l_1}{2}, \quad (132)$$

где  $l_1$  — расстояние от плоскости сечения до точки выклинивания тела полезного ископаемого;

2) по формуле конуса

$$V = \frac{S_1 \cdot l_1}{3}, \quad (133)$$

при тех же значениях параметров;

3) по формуле усеченной пирамиды, приведенной выше, если при выклинивании тела мощность принимается равной минимальной мощности, установленной кондициями; площадь сечения ( $S_2$ ) определяется как произведение длины сечения на установленную кондициями мощность.

В целях упрощения расчетов и получения равнозначных результатов объемы блоков между параллельными сечениями могут определяться графическим способом, предложенным Я. М. Фейгиным [1956] по формуле

$$V = K \frac{S_1 + S_2}{2} l, \quad (134)$$

где  $V$  — объем блока;

$S_1$  и  $S_2$  — площади сечений, ограничивающие блок;

$l$  — расстояние между сечениями;

$K$  — поправочный коэффициент, определяемый по формуле

$$K = \frac{2}{3} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{S_1}{S_2}} + \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}} \right). \quad (135)$$

Из формулы (135) видно, что величина  $K$  зависит от суммы отношений площадей сечений ( $S_1$  и  $S_2$ ) и не зависит от абсолютных величин этих площадей. Кроме того, величина  $K$  не изменится при замене отношения  $S_1 : S_2$  на обратное. Используя указанную зависимость и приравняв величину одной из площадей сечения блока ( $S_1$  или  $S_2$ ) к единице, получим следующую таблицу значений  $K$  в зависимости от отношения  $\frac{S_1}{S_2} = a$ .

<sup>1</sup> В математике клин должен иметь в основании прямоугольник, боковые грани — равнобедренные треугольники и равнобедренные трапеции. Объем такого клина вычисляется по формуле

$$V = \frac{1}{6} (2a + a_1) bh,$$

где  $a$  и  $b$  — соответственно большая и малая стороны основания;

$a_1$  — большая сторона боковой грани (трапеции);

$h$  — высота.

Значения  $K$  в зависимости от отношения  $\frac{S_1}{S_2} = \alpha$ 

$\alpha < 1$	$\alpha > 1$	Значение $K$	$\alpha < 1$	$\alpha > 1$	Значение $K$
1,0	1,0	1,000	0,033	30,0	0,785
0,71	1,4	0,995	0,025	40,0	0,770
0,50	2,0	0,980	0,020	50,0	0,760
0,33	3,0	0,955	0,017	60,0	0,751
0,25	4,0	0,933	0,014	70,0	0,745
0,20	5,0	0,915	0,010	100,0	0,733
0,143	7,0	0,888	0,007	140,0	0,724
0,100	10,0	0,859	0,005	200,0	0,714
0,083	12,0	0,845	0,003	300,0	0,706
0,071	14,0	0,833	0,0025	400,0	0,700
0,062	16,0	0,824	0,0020	500,0	0,696
0,050	20,0	0,809	0,0014	700,0	0,692
0,040	25,0	0,795	0,0010	1000,0	0,689

По данным табл. 29 построен совмещенный график значений  $K$  (рис. 208) в зависимости от величины  $\alpha$  для интервала от 0,001 до 1000. На абсциссе в верхней строке указаны значения логарифмов  $\alpha > 1,0$ , а в нижней строке — значения  $\alpha < 1,0$ ; на ординате — значения  $K$ .

Для определения объема блока графическим способом необходимо:  
1) подсчитать площади  $S_1$  и  $S_2$  планиметрированием или другим способом;

- 2) вычислить величину  $\alpha$ , равную отношению  $\frac{S_1}{S_2}$ ;
- 3) найти значение  $K$  по величине  $\alpha$  на графике;
- 4) вычислить величину  $\frac{S_1 + S_2}{2}$ .

Произведение  $K$  на  $\frac{S_1 + S_2}{2}$  и на расстояние между сечениями  $l$  укажет точный геометрический объем блока.

В табл. 30 приведен пример расчетов для двух первых сечений.

Таблица 30

## Определение объемов блоков графическим методом

№ блоков	№ сечений	Размер площадей сечений, м <sup>2</sup>	Значение $\alpha$	Величина $K$	Величина	Расстояние между сечениями, $l$ , м	Объем блока = $= K \cdot l \times$ $\times \frac{S_1 + S_2}{2}$ , м <sup>3</sup>
					$\frac{S_1 + S_2}{2}$ , м <sup>2</sup>		
1	I II	50 1000	20	0,809	525,0	100,0	42472

Применение графического способа определения объемов блоков при подсчете запасов дает возможность упростить часть вычислительных операций и сократить время на расчеты.

Иногда форма тела полезного ископаемого и геологические условия его залегания позволяют упростить расчетные операции по определению объемов блоков. Тело полезного ископаемого разбивают на отдельные участки или блоки не по разведочным линиям и отстроенным по ним

сечениям, а по условным плоскостям, проходящим на середине расстояния между разведочными линиями. Тогда разрез по разведочной линии является средним, а площадь его принимается за среднюю площадь сечения блока. Объем каждого блока получается как произведение площади сечения по разрезу на расстояние влияния данного сечения, которое равно полусумме расстояний от данной разведочной линии до ближайших.

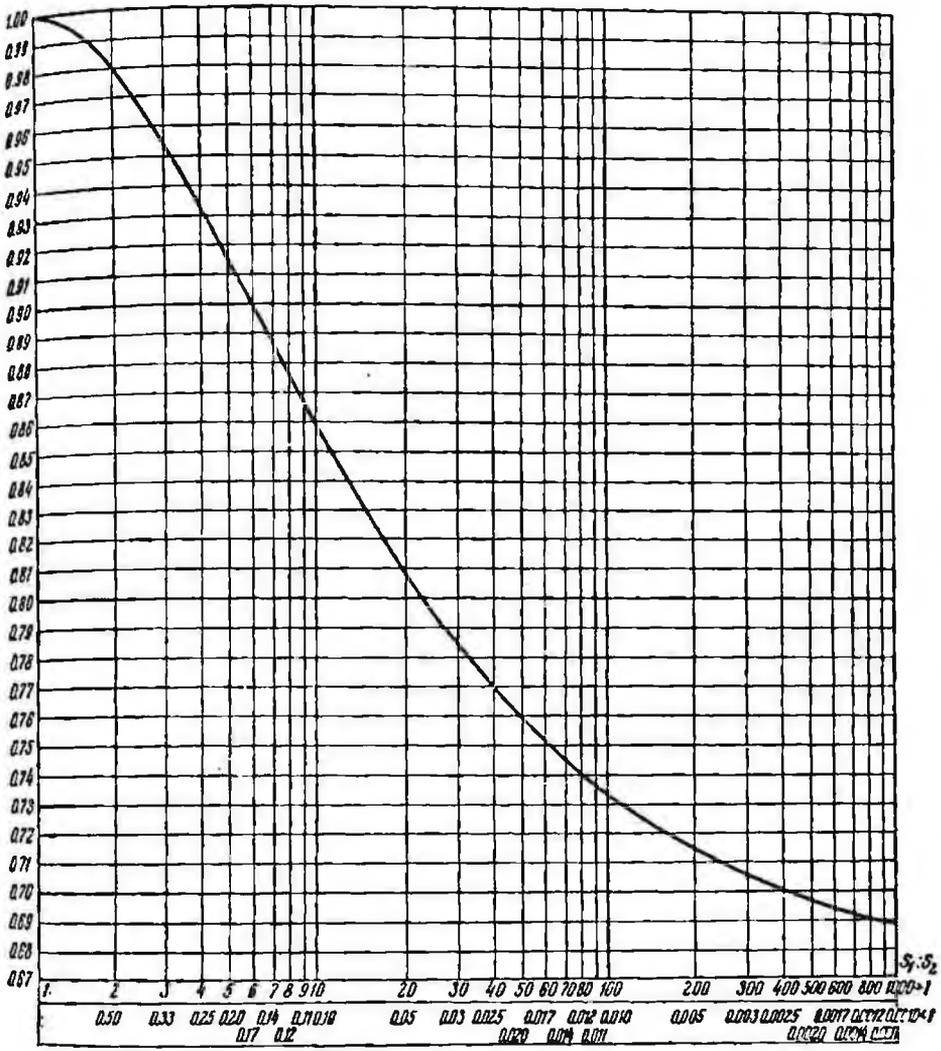


Рис. 208. График определения  $K$  для вычисления объемов блоков (по А. М. Фейгину)

При построении блоков, опирающихся на две разведочные линии, тело полезного ископаемого преобразуется в ряд сомкнутых разновеликих параллелепипедов как и при построении блоков, опирающихся на одно разведочное сечение, которое рассматривается как среднее сечение. План расположения блоков показан на рис. 209.

Применение последнего способа разбивки тел полезных ископаемых на подсчетные блоки не рекомендуется для месторождений с неравномерным и крайне неравномерным распределением полезных компонен-

тов. В этом случае содержания полезных компонентов для каждого блока определяются по выработкам, расположенным только на одном разведочном сечении, и количество этих выработок чаще всего бывает недостаточным для получения надежных данных о действительном среднем содержании полезных компонентов в блоках.

Площади сечения блоков измеряются в квадратных метрах, расстояния между разведочными линиями — в метрах, объем тела полезного ископаемого — в кубических метрах. Полученный одним из описанных выше способов объем тела умножается на объемный вес, что дает запас минерального сырья, измеряемый в тоннах.

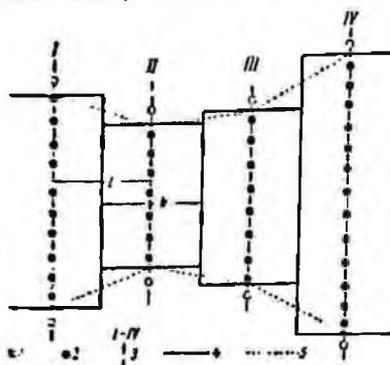


Рис. 209. Схема преобразования тела полезного ископаемого при построении блоков для подсчета запасов методом разрезов

1 — выработки, показавшие отсутствие тела полезного ископаемого; 2 — выработки, пересекшие тело полезного ископаемого; 3 — разведочные линии и их номера; 4 — контур подсчета по площади влияния; 5 — контур подсчета по площади между линиями

Часто расчленяют блоки на более мелкие, а не ограничиваются разбивкой тела на крупные блоки между геологическими разрезами. Например, выделяют обогащенные участки различного сорта минерального сырья или разбивают крупный блок между вертикальными сечениями на отдельные горизонты и подсчитывают частные запасы, заключенные между сечениями. В этих случаях необходимо контролировать сумму полученных объемов для малых блоков общим объемом данного крупного блока между геологическими разрезами, так как отсутствие такого контроля нередко приводит к ошибкам.

Подсчет запасов полезного компонента требует предварительного определения среднего содержания его для каждого блока отдельно.

В зависимости от характера распределения полезного компонента в минеральном сырье вычисление среднего содержания для блока можно производить тремя способами: 1) среднего арифметического при отсутствии зависимости содержания компонента от мощности тела полезного ископаемого по формуле (48); 2) среднего взвешенного на мощность при наличии зависимости между мощностью и содержанием в случае равномерного распределения выработок по формуле (49); 3) среднего взвешенного на длину влияния или на мощность и на длину влияния данной выработки при наличии зависимости между мощностью и содержанием в случае неравномерного распределения выработок по формулам (50) и (51).

Иногда при наличии зависимости содержания полезного компонента от объемного веса применяют взвешивание на объемный вес ( $d$ ) и тогда среднее содержание вычисляют по формуле (53). Взвешивание на объемный вес оправдывается только в случае резкой изменчивости вещественного состава минерального сырья, что резко может изменить и объемный вес. Такое положение может иметь место для баритово-полиметаллических руд, для сульфидных руд со значительными колебаниями содержания пирита и других.

Если каждый блок ограничен двумя сечениями, то сравнительно часто для определения среднего содержания полезного компонента по блоку вначале вычисляют среднее содержание для каждого разреза, а затем из данных двух разрезов — среднее содержание по блоку либо способом среднего арифметического, либо способом среднего взвешенного на площадь сечения. Так как при ограничении блока двумя разре-

зами данные выработок каждого разреза участвуют в подсчете двух соседних блоков, а данные по разведочной линии учитываются дважды, то предварительное вычисление средних содержаний для каждого разреза значительно сокращает расчетные операции, давая возможность использовать для соседнего блока уже готовые величины. При большом объеме разведочных работ последнее обстоятельство необходимо учитывать.

Иногда на основании геологического изучения месторождения можно предполагать, что при выклинивании тела полезного ископаемого содержание компонента в нем быстро уменьшается. Тогда на основании геологических данных для крайних блоков, опирающихся только на одно сечение, соответственно снижают величину содержания полезного компонента.

Полученные значения среднего содержания полезного компонента для каждого блока, умноженные на запасы сырья в блоке, дают возможность определить запасы этого компонента в каждом блоке отдельно, а, суммируя их, получают запасы по всему телу и месторождению в целом.

Следует отметить, что в зависимости от степени разведанности и изученности (расстояний между разведочными линиями, расстояний между выработками на линиях, степени опробования и пр.) рядом расположенные блоки могут относиться к различным категориям запасов. В частности, во многих случаях крайние блоки, опирающиеся только на один разрез и условно осконтуренные с остальных сторон, квалифицируются по более низким категориям запасов по сравнению с блоками, ограниченными двумя разрезами (см. рис. 207). Это положение относится и к участкам разрезов, расположенным между крайней выработкой на разрезе и контуром тела полезного ископаемого, отстроенным по геологическим или другим данным. В плане такие участки слагают так называемую приконтурную полосу, которую при подсчете запасов при отсутствии достаточного количества законтурных выработок или скважин иногда выделяют особо, так как степень достоверности подсчитанных в этом контуре запасов значительно ниже степени достоверности результатов подсчета центральной или внутриконтурной части тела полезного ископаемого.

Кроме приконтурной полосы, и внутри контура могут быть участки различной степени изученности, запасы которых необходимо подсчитывать отдельно. Помимо выделения таких участков, может возникнуть необходимость выделения участков распространения различных типов или сортов сырья. Тогда на разрезах эти сорта осконтуриваются и подсчитываются также отдельно. Необходимость выделения отдельных участков вызывается и другими специальными задачами: последовательностью их отработки, условиями обводненности, горнотехническими условиями отработки и пр.

Разновидностью метода разрезов является линейный способ, наиболее широко применяемый при подсчете запасов россыпных месторождений. Подсчет запасов осуществляется последовательным суммированием запасов мельчайших участков тела полезного ископаемого, расположенных между выработками разведочной линии, до общего учета запасов на площадях, расположенных между линиями: 1) определяются запасы участков, расположенных либо между двумя соседними выработками или скважинами на разведочной линии (рис. 210), либо тяго-

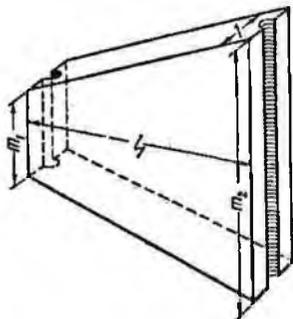


Рис. 210. Участок между двумя выработками в разведочной линии шириной 1 м

теющих к каждой выработке (участки влияния), при ширине участков (измеряемой поперек линии) 1 м; 2) запасы участков суммируются, что дает в результате запасы, заключенные в ленте шириной 1 м, условно линейными, откуда и получил название сам метод подсчета; 3) запасы в лентах по сечениям позволяют определить запасы участков между сечениями или прилегающих к каждому сечению; 4) запасы между участком суммируются и дают общие запасы по месторождению.

Определение запасов минерального сырья участков, расположенных между двумя соседними выработками или скважинами на разведочной линии при ширине 1 м, производят по формуле

$$q = \frac{m_1 + m_2}{2} \cdot l_1 \cdot d, \quad (136)$$

где  $q$  — запасы в участке, расположенном между двумя соседними выработками или скважинами на разведочной линии, при ширине этого участка вкrest линии в 1 м;  
 $m_1$  и  $m_2$  — мощности тела полезного ископаемого по выработкам;  
 $l_1$  — расстояние между выработками или скважинами на разведочной линии;  
 $d$  — объемный вес минерального сырья.

Запасы на участке, тяготеющем к выработке, определяют по формуле

$$q = mld, \quad (137)$$

где  $l$  — длина влияния выработки при тех же значениях остальных параметров.

Для определения запасов полезного компонента вычисляют среднее его содержание для каждого участка; в первом случае — по данным соседних выработок как среднее арифметическое или как среднее взвешенное на мощность; во втором случае используют данные только одной выработки. Запасы полезного компонента каждого выделенного участка определяют по формуле (2).

Запасы минерального сырья и компонентов в разведочном сечении на ширину его 1 м подсчитывают простым суммированием частных запасов по отдельным участкам линии.

На основании данных о запасах в разрезах по разведочным линиям определяют запасы на участках, расположенных между линиями или на площади влияния каждой линии.

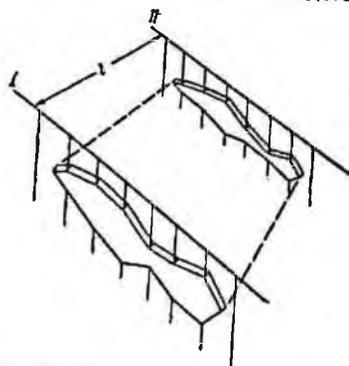


Рис. 211. Подсчет запасов линейным способом на площади между двумя разведочными линиями

Запасы сырья между двумя линиями (рис. 211) определяют по формуле

$$Q = \frac{Q_I + Q_{II}}{2} \cdot l, \quad (138)$$

где  $Q$  — запасы минерального сырья на площади между разведочными линиями I и II;  
 $Q_I$  и  $Q_{II}$  — запасы минерального сырья в лентах шириной в 1 м по разведочным линиям (линейные запасы);  
 $l$  — расстояние между линиями.

Запасы компонента определяют по формуле

$$P = \frac{P_I + P_{II}}{2} \cdot l, \quad (139)$$

где  $P$  — запасы компонента на площади между разведочными линиями I и II;  
 $P_I$  и  $P_{II}$  — запасы компонента в лентах шириной в 1 м по разведочным линиям (линейные запасы);  
 $l$  — расстояние между линиями.

Запасы на участке (рис. 212), прилегающем к линии (на площади влияния линии), определяют по формулам:

$$Q = Q_I \cdot l' \quad (140)$$

$$P = P_I \cdot l', \quad (141)$$

где  $Q$  — запасы сырья на площади, прилегающей к разведочной линии;  
 $P$  — запасы компонента на площади, прилегающей к разведочной линии;  
 $l'$  — ширина влияния разведочной линии, равная полусумме расстояний до соседних линий; остальные параметры те же.

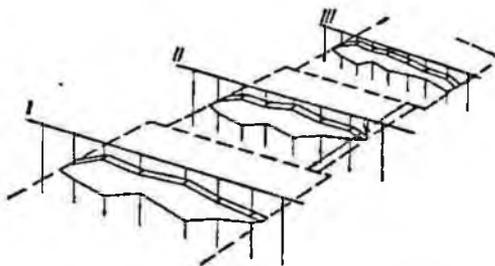


Рис. 212. Подсчет запасов линейным способом на площади, прилегающей к разведочным линиям

Когда линейные запасы соседних разрезов значительно отличаются друг от друга (разница превышает 40%), подсчет запасов минерального сырья и компонентов на площади между сечениями производят по формулам усеченной пирамиды (см. формулы 131, 134, 135).

Для определения запасов в крайних блоках, опирающихся только на один разрез, можно использовать в зависимости от геологических условий залегания тела полезного ископаемого формулы клина или конуса, т. е.:

$$1) \quad Q = \frac{1}{2} Q_I \cdot l \quad \text{и} \quad P = \frac{1}{2} P_I \cdot l \quad (142, 143)$$

$$2) \quad Q = \frac{1}{3} Q_I \cdot l \quad \text{и} \quad P = \frac{1}{3} P_I \cdot l \quad (144, 145)$$

при тех же значениях параметров.

В природе формы тел полезных ископаемых крайне разнообразны и в ряде случаев возможно применение других формул. Так, А. А. Коноплянцев [1956] указывает на то, что в конкретных условиях одного из месторождений редких металлов, по его мнению, наиболее правильно отражает объем тела формула обелиска. Отдельные тела, например, при гнездовом оруденении, могут по форме приближаться к шару или эллипсоиду. Однако в практике эти формулы применяются крайне редко и здесь не рассматриваются. Следует иметь в виду, что только детальное изучение формы тела полезного ископаемого дает возможность наиболее правильно вычислить его объем, а следовательно, и запасы минерального сырья.

Приведенные формулы для определения объемов тел полезных ископаемых, запасов сырья и запасов полезного компонента применимы в тех случаях, когда линии разведочных выработок или горизонты их

расположены более или менее параллельно друг другу. Если же линии разведочных выработок не параллельны, то для определения объемов блоков, расположенных между сходящимися сечениями, обычно рекомендуют формулы, предложенные А. С. Золотаревым [1936]:

1) в случае, когда угол между сходящимися разрезами менее  $10^\circ$

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}, \quad (146)$$

где  $V$  — объем блока между разрезами,  $m^3$ ;  
 $S_1$  и  $S_2$  — площади сечений рудных тел по разрезам,  $m^2$ ;  
 $H_1$  и  $H_2$  — длины перпендикуляров, опущенных из проекций центров тяжести площадей разрезов на противоположную разведочную линию,  $m$ ;

2) в случае, когда угол между сходящимися разрезами более  $10^\circ$

$$V = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}, \quad (147)$$

где  $\alpha$  — угол между сходящимися профилями в радианах; значения остальных параметров те же.

Непараллельность сечений оказывает незначительное влияние на результаты определения средних содержаний полезного компонента в блоке. Их можно подсчитать любым из указанных выше способов.

Основным затруднением при пользовании формулами А. С. Золотарева является определение центров тяжести сечений тела полезного ископаемого по разрезам. Контуры сечений рудных тел обычно сложны и не всегда могут быть представлены простыми геометрическими фигурами, для которых центр тяжести определяется сравнительно легко.

Одним из способов отыскания центра тяжести разреза с достаточной точностью для целей подсчета запасов является графо-аналитический метод, основанный на определении координат центра тяжести однородных площадей через суммы статических моментов. Этот способ, подробно изложенный А. С. Золотаревым, громоздкий и неудобный. Более простым является определение центра тяжести линейных запасов по фигурам сечений тел полезных ископаемых, вырезаемым из плотной бумаги и подвешиваемым на нитке; трех- четырехкратное подвешивание этих фигур за разные точки дает возможность определить центр тяжести в пункте пересечения отвесов, спускающихся из точек подвеса.

А. П. Прокофьев [1953] предложил более простой способ (рис. 213). На плане подсчета запасов блок между разведочными линиями I—I и II—II, которые расположены непараллельно и запасы между которыми надо определить, делится вспомогательной линией на две части, по принципу ближайшего района. Для этой цели контурные точки  $a_1$  и  $b_1$  на разрезе I соответственно соединяются вспомогательными прямыми с контурными точками  $a_2$  и  $b_2$  на разрезе II. Каждая из вспомогательных линий  $a_1a_2$  и  $b_1b_2$  делится на равные части (на чертеже — в точках  $c_1$  и  $c_2$ ). Соединив точки  $c_1$  и  $c_2$  прямой, получим вспомогательную линию, которая делит площадь подсчетного блока в плане на две площади  $S'_1$  и  $S'_2$ . Каждая точка площади  $S'_1$  находится ближе к разведочной линии I—I и на нее может быть распространено влияние сечения  $S_1$  разведочной линии I—I. Каждая точка площади  $S'_2$  расположена ближе к разведочной линии II—II и на нее может быть распространено влияние сечения  $S_2$  разведочной линии II—II. Зная площади сечений  $S_1$  и  $S_2$  соответствующих разрезов I—I и II—II, вычисляемые обычными способами, и площади  $S'_1$  и  $S'_2$ , на которые должно быть рас-

пространено влияние сечений  $S_1$  и  $S_2$ , определяют объем части блока, прилегающей к разрезу I—I, по формуле

$$V_I = S_1 \frac{S'_1}{l_1}, \quad (148)$$

где  $V_I$  — объем части блока, прилегающей к разрезу I—I;  
 $S_1$  — площадь сечения тела по разведочной линии I—I;  
 $S'_1$  — площадь влияния разведочной линии I—I;  
 $l_1$  — длина разведочной линии I—I ( $a_1 b_1$ ).

Объем для части блока, прилегающей к разрезу II—II

$$V_{II} = S_2 \frac{S'_2}{l_2}, \quad (149)$$

где  $V_{II}$  — объем части блока, прилегающей к разрезу II—II;  
 $S_2$  — площадь сечения по разведочной линии II—II;  
 $S'_2$  — площадь влияния разведочной линии II—II;  
 $l_2$  — длина разведочной линии II—II ( $a_2 b_2$ ).

Общий объем блока будет равен сумме  $V_I + V_{II}$ . Среднее содержание и объемный вес принимаются как средние значения между данными по разрезам.

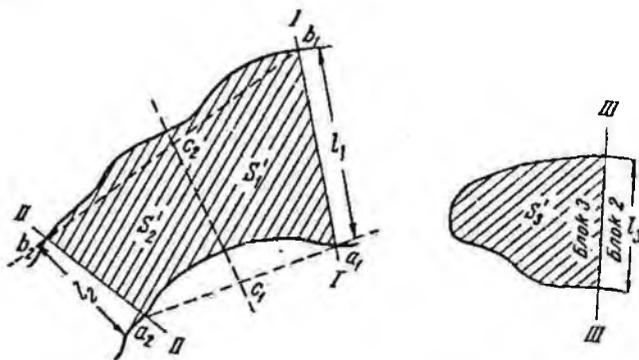


Рис. 213. Схема упрощенного способа подсчета запасов; слева — между непараллельными сечениями; справа — в пределах неровного контура блока

При подсчете запасов в указанных выше формулах значения  $S_1$  и  $S_2$  соответственно могут быть заменены значениями  $Q_1$  и  $Q_2$  или  $P_1$  и  $P_2$ , т. е. линейными запасами сырья или компонента.

Если общий объем блока между сечениями равен сумме объемов  $V_I + V_{II}$ , т. е.

$$V = \frac{S_1 + S'_1}{l_1} + \frac{S_2 + S'_2}{l_2},$$

то, заменяя  $\frac{S_1}{l_1} = m_1$  и  $\frac{S_2}{l_2} = m_2$ , где  $m_1$  и  $m_2$  соответственно выражают средние мощности по разрезам, получим

$$V = S'_1 \cdot m_1 + S'_2 \cdot m_2, \quad (150)$$

где  $V$  — общий объем блока между сечениями;  
 $S'_1$  и  $S'_2$  — площади влияния разведочных линий I—I и II—II;  
 $m_1$  и  $m_2$  — средние мощности по разрезам.

Предлагаемый способ использовался и при подсчете запасов в блоках, имеющих неровные границы или контур, проведенный по геоморфологическим признакам. Например, объем  $V_{III}$  блока 3 (см. рис. 213) можно определить как произведение площади сечения рудного тела на площадь блока в плане

$$V_{III} = \frac{S_1 \cdot S_3'}{2l_3}, \quad (151)$$

где  $V_{III}$  — объем блока, имеющего неправильный контур;  
 $S_1$  — площадь сечения тела по разведочной линии III—III;  
 $S_3'$  — площадь блока в плане;  
 $l_3$  — длина разведочной линии III—III.

В данном случае объем блока 3 заменяется объемом равновеликого клина, у которого основание приравнено к площади сечения по разведочной линии, а высота клина — к отношению  $S_3' : l_3$ , т. е. к высоте равновеликого по площади  $S_3'$  четырехугольника.

В целях сопоставления запасов, подсчитанных по предлагаемому способу и по способу А. С. Золотарева, были пересчитаны запасы ряда блоков различных месторождений. Результаты пересчета представлены в табл. 31.

Таблица 31  
 Сопоставление результатов подсчета запасов способом А. С. Золотарева и А. П. Прокофьева в блоках между непараллельными сечениями

№ подсчетного блока	Угол между сечениями, в градусах	Запасы в абсолютных цифрах		%/о (результаты II к результатам I)
		по способу Золотарева I	по способу Прокофьева II	
<b>Железородное месторождение /в руде/</b>				
12—13	32	656,8	651,8	
2—3	48	1592,5	1509,1	99,2
1—2	37	1128,0	876,2	94,8
				77,7
<b>Полуметаллическое месторождение</b>				
Руда				
12	18	380	367	96,5
34	16	182	164	90,1
56	18	54	56	103,5
78	16	147	158	107,5
Медь				
12	18	83,7	81,0	96,7
34	16	11,1	9,9	89,3
56	18	2,1	2,0	95,5
78	16	4,6	4,9	106,5
Цинк				
12	18	170,3	161,7	95,0
34	16	72,5	64,3	88,7
56	18	20,0	20,3	101,5
78	16	49,3	52,2	106,0
Сера				
12	18	16,4	15,3	93,5
34	16	10,4	9,3	89,3
56	18	4,0	4,1	102,5
78	16	10,0	10,2	102,0
<b>Месторождение известняков</b>				
3		546,0	534,0	97,8
7		63,4	61,7	97,4
10		445,7	435,3	97,6

Из табл. 31 видно, что результаты пересчетов очень близки между собой и расхождения находятся в пределах точности технических операций подсчета. Для последнего блока на железорудном месторождении получена недопустимая разница, составляющая 22,3%. Анализ этого крупного расхождения показал, что причиной является наличие пережима между подсчетными профилями, где ширина рудного тела резко сокращается, что подтверждено поверхностными горными выработками и отражено на геологических и подсчетных планах. При подсчете способом А. С. Золотарева указанный пережим не был учтен и результаты оказались завышенными.

Следует иметь в виду, что при разведке месторождений профилями случаи резкого непараллельного расположения разрезов обычно редки и количество блоков, определение запасов которых требует применения специальных формул, незначительно по сравнению с общим количеством блоков на месторождении. Отсюда влияние ошибки подсчета, связанной с непараллельностью разрезов, на общую величину запасов месторождения крайне незначительно.

При подсчете запасов методом параллельных сечений в условиях резкой изменчивости формы тела полезного ископаемого, как например на Восточно-Медведевском месторождении талька (рис. 214), В. М. Борзунов рекомендует для вычисления общего объема тела или части его, характеризующейся однородным строением, пользоваться способом среднего разреза. Площадь среднего разреза определяется как среднее арифметическое и объем вычисляется по следующей формуле

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{n} \cdot l, \quad (152)$$

где  $V$  — объем тела между крайними разрезами;  
 $S_1, S_2, \dots, S_n$  — площади отдельных сечений;  
 $n$  — количество сечений;  
 $l$  — расстояние между крайними сечениями.

В ряде случаев применение этого способа значительно сокращает расчетные операции и дает достаточно точные общие результаты подсчета.

С целью проверки этого способа В. Д. Козловой был произведен пересчет запасов железных руд Яковлевского месторождения. Яковлевское месторождение представляет собой пластообразную залежь богатых железных руд, приуроченную к верхним частям железистых кварцитов. Ширина залежи в среднем составляет 380 м с пределами колебаний от 200 до 600 м. Мощность ее по отдельным скважинам изменяется от 4 до 350 м, а по отдельным профилям — от 47 до 150 м. Залежь разведана на участке протяженностью 4,7 км линиями скважин, расстояния между которыми составляли 400 м, а расстояния между скважинами в линиях — 100 м. Запасы подсчитаны методом вертикальных параллельных сечений по блокам, отдельно по категории В и С<sub>1</sub> с применением (для определения объема) общеизвестных формул — призмы, усеченного конуса, клина. Результаты пересчета запасов по методу среднего разреза и сопоставление полученных данных с подсчетом по обычному методу параллельных разрезов приведены в табл. 32, из которой

Таблица 32

Категории запасов	Запасы руды, подсчит. методом параллельных разрезов, тыс. т	Запасы руды, подс. методом среднего разреза, тыс. т	Расхождения	
			тыс. т	%
В	364 112	374 826	10 714	2,9
С	295 202	300 946	5 744	1,9
В + С <sub>1</sub>	659 314	675 772	16 458	2,5

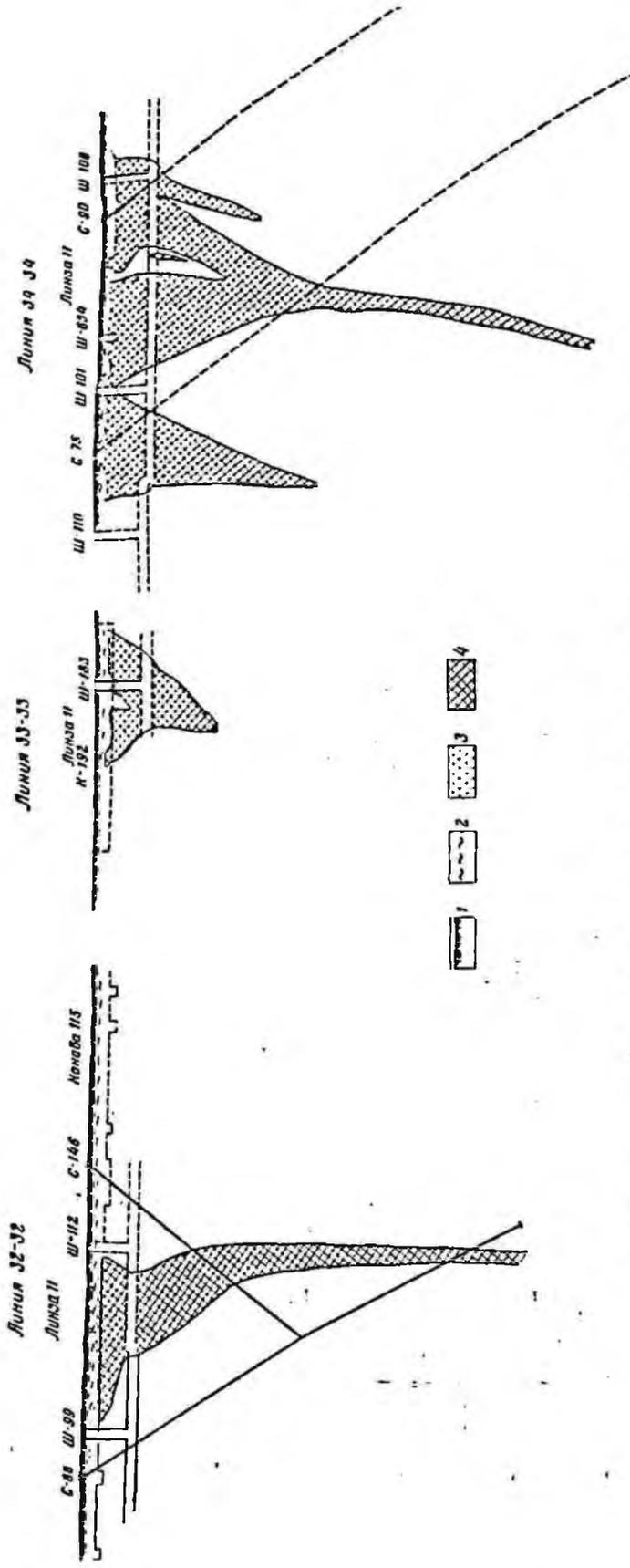


Рис. 214. Форма сечений тальковых тел линзы № 11 Восточно-Медведевского месторождения  
 1 — поверхностно-растительный слой; 2 — глина; 3 — песок; 4 — тальк

видно, что расхождения между результатами не превышают обычную точность измерения площадей и других технических операций. В то же время производство пересчета запасов по методу среднего разреза такого крупного месторождения заняло всего около 4 часов.

Как отмечено выше, метод разрезов широко применяется при подсчете запасов, когда разведочные выработки располагаются на более или менее параллельных линиях или когда имеется возможность построить на основании разведочных выработок разрезы, пересекающие тело в вертикальном либо горизонтальном направлениях.

Форма тел полезных ископаемых, их размеры и в большинстве случаев распределение полезных компонентов существенного влияния на применение этого метода не оказывают, поэтому метод применим для месторождений всех известных типов. Он является незаменимым при подсчете запасов месторождений сложных форм — штокверков, труб, гнезд, линзообразных, лентообразных тел и др.

От условий залегания тел полезных ископаемых обычно зависит особенность их разведки, что в свою очередь предопределяет выбор разновидности метода подсчета запасов. Горизонтальные и пологозалегающие тела обычно разведываются линиями вертикальных выработок и для них чаще применяют метод вертикальных разрезов. Крутопадающие тела, столбы, штокверки чаще разведываются горизонтальными горными выработками, которые рассекают тело полезного ископаемого на отдельных горизонтах, что обуславливает применение метода горизонтальных разрезов.

Метод разрезов часто комбинируется с другими методами. Например, верхние горизонты тела полезного ископаемого, разведанные горными выработками с одновременной нарезкой эксплуатационных блоков, могут быть подсчитаны методом эксплуатационных блоков, а нижние горизонты, разведанные незначительным количеством горных выработок или буровыми скважинами, — методом разрезов. При этом методе подсчет осуществляется на нормальных геологических разрезах без построения на подсчетных планах искусственных геометрических контуров, что является важным достоинством. Вычислительные операции не сложны и не громоздки. Так как метод разрезов наиболее полно отражает геологические особенности строения месторождения, при подсчетах запасов его следует всемерно поддерживать.

Недостатком метода является возможность его применения только на месторождениях, разведанных линиями, по которым можно составить надежные геологические разрезы.

Все расчетные операции по подсчету запасов оформляются соответствующими формулярами, которые по своей форме несколько отличаются друг от друга в зависимости от выбранного варианта подсчета. Однако они очень просты. Для примера приводятся основные типовые формы.

Вначале определяют средние мощности и средние содержания полезных компонентов по каждой выработке. В зависимости от принятого способа определения этих величин составляют формуляры, приведенные в табл. 33 (способ среднего арифметического) или табл. 34 (способ среднего взвешенного).

На основании данных, полученных по отдельным выработкам, составляют аналогичные формуляры для каждого разреза с включением только тех выработок, которые входят в данный разрез (табл. 35 и 36). Подсчет запасов минерального сырья и компонентов по блокам оформляется сводным формуляром (табл. 37). Данные о средних мощностях по разрезам не всегда используются, чаще для определения объемов блоков замеряют площади тел по разрезам (см. табл. 37).

Таблица 33  
 Формуляр определения средних содержаний и мощностей при подсчете запасов методом разрезов по выработкам способом среднего арифметического

№ пробы	Мощность (м), м	Содержание полезного компонента (с), %
Шурф № 12		
854	0,5	44,8
855	0,5	45,2
856	0,6	42,3
По выработке	1,6	44,1
Скважина № 81		
1251	0,3	46,8
1252	0,5	41,2
1253	0,5	40,6
1254	0,5	43,1
По выработке	1,8	42,9

Таблица 34  
 Формуляр определения содержаний и мощностей при подсчете запасов методом разрезов по выработкам способом среднего взвешенного

№ пробы	Мощность (м), м	Содержание полезного компонента, (с), %	Произведение содержания на мощность (m·c)	Среднее содержание полезного компонента $\frac{\sum mc}{\sum m}$ , %
Шурф № 25				
141	0,20	12,4	2,48	
142	0,50	8,5	4,25	
143	0,50	5,9	2,95	
144	0,40	9,1	3,64	
По выработке	1,60	—	13,32	
Скважина № 41				
531	0,50	4,9	2,45	
532	0,30	18,2	5,46	
533	1,10	7,9	8,69	
По выработке	1,90	—	16,60	8,7

Таблица 35  
 Формуляр определения средних содержаний и мощностей по разрезам способом среднего арифметического

№ п/п	Выработки	Мощность, м	Содержание полезного компонента, г/т
Разрез у — у			
1	Шурф № 4	0,90	15
2	Шурф № 5	0,20	54
20	Скважина № 49	0,75	36
Итого...	—	12,40	948

Количество выработок  $n = 20$ , средняя мощность по разрезу  $m = 12,40 : 20 = 0,62$  м, среднее содержание по разрезу  $c = 948 : 20 = 47,4$  г/т.

Таблица 36

Формуляр определения средних содержаний и средних мощностей по разрезам способом среднего взвешенного

№ п/п	Выработки	Мощность (m), м	Среднее содержание полезных компонентов по выработке (с), м	Расстояние между выработками (l), м	Произведение мощности на влияние выработок (ml)	Произведение мощности на влияние выработки и на среднее содержание (mlc)	Среднее содержание по разрезу $\left(\frac{\sum mlc}{\sum ml}\right)$ , г/т	Средняя мощность по разрезу $\frac{\sum ml}{\sum l}$ , м
-------	-----------	-----------------	---	-------------------------------------	---	--	---	--

Разрез у-у

1	Шурф № 4 . . . . .	0,90	15	20	18	270		
2	Шурф № 5 . . . . .	0,20	54	24	4,8	259,2		
. . . . .								
16	Скважина № 49 . . .	0,75	36	15	11,25	405,0		
Итого по разрезу .		—	—	256	221,8	9924,4	44,7	0,87

Таблица 37

Формуляр подсчета запасов методом разрезов

№ блока	№ разреза	Площадь рудного тела по разрезу (s), м <sup>2</sup>	Расстояние между разрезами (l), м	Объемы блоков, м <sup>3</sup>	Объемный вес (d)	Запасы сырья (Q), т	Среднее содержание полезного компонента по разрезу (с), г/т	Запасы полезного компонента (P), кг
5	VII—VII VIII—VIII	225 187	50	10 300	2,8	28 840	6,8	196,1

Следует иметь в виду, что для каждого сорта или типа сырья, а также для каждой категории запасов, которые подсчитываются отдельно, должны быть составлены свои формуляры. Если подсчет ведется линейным способом, то формуляры имеют несколько отличную форму. Для этих случаев в табл. 38 приводится формуляр с примером подсчета запасов медной руды и меди в крутопадающей линзе колчеданного месторождения, по участку между двумя горизонтальными разрезами. Разрезы построены на плоскостях этажей горных работ, отстоящих друг от друга на расстоянии 30 м. Мощность линзы и содержание меди определялись по ортам.

Формуляр подсчета запасов лнейным способом

№ ортов	Мощность, м	Объемный вес	Произведение мощности на объемный вес	Расстояние между ортами, м	Запасы руды, т	Содержание меди по орту, ‰	Среднее содержание меди между ортами, ‰	Запасы меди, т
I этаж								
1	6	3	18	20	420	3	3,5	14,7
2	8	3	24			4		
11	6	3	18	20	300	3	2,75	8,2
12	4	3	12			2,5		
Всего					6120			168,4
II этаж								
1	5	3	15	40	900	4	3,5	31,5
2	10	3	30			3		
5	8	3	24	40	720	3	2,5	18,0
6	4	3	12			2		
Всего					4860			151,2

Общие запасы руды в блоке между I и II этажами

$$Q_{I-II} = \frac{6120 + 4860}{2} \cdot 30 = 164\,700 \text{ т};$$

общие запасы меди в этом же блоке

$$P_{I-II} = \frac{168,4 + 151,2}{2} \cdot 30 = 4794 \text{ т}.$$

Ниже приводится несколько примеров подсчета запасов методом разрезов для месторождений различных полезных ископаемых.

Схема расположения вертикальных разрезов и некоторые вертикальные разрезы к подсчету запасов одного из участков угольного месторождения изображены на рис. 215 и 216. Этот участок является типичным для данного месторождения, приуроченного к депрессии, образовавшейся на поверхности палеозоя и заполненной более молодыми угленосными континентальными осадками. Угленосная толща, залегающая под чехлом еще более молодых отложений мощностью 10—30 м, образует ряд узких складок меридионального простирания, амплитуда которых резко меняется по простиранию. Продуктивные отложения представлены одной или двумя угольными зонами сложного строения, причем мощность отдельных зон местами достигает 50—100 м, резко уменьшаясь на коротких расстояниях до 5—10 м. Таким образом, отличительными особенностями участка являются сложный характер строения угольных залежей и резкая изменчивость их мощности и состава.

Разведка участка производилась скважинами колонкового бурения. Расстояние между линиями скважин, расположенными вкрест простира- ния месторождения, равно 200—250 м, а между скважинами в линиях — 20—25 м. Подсчет запасов участка произведен методом вертикальных разрезов по разведочным линиям. При этом по каждой линии сначала измерялась общая площадь сечения угольной зоны в разрезе (площадь

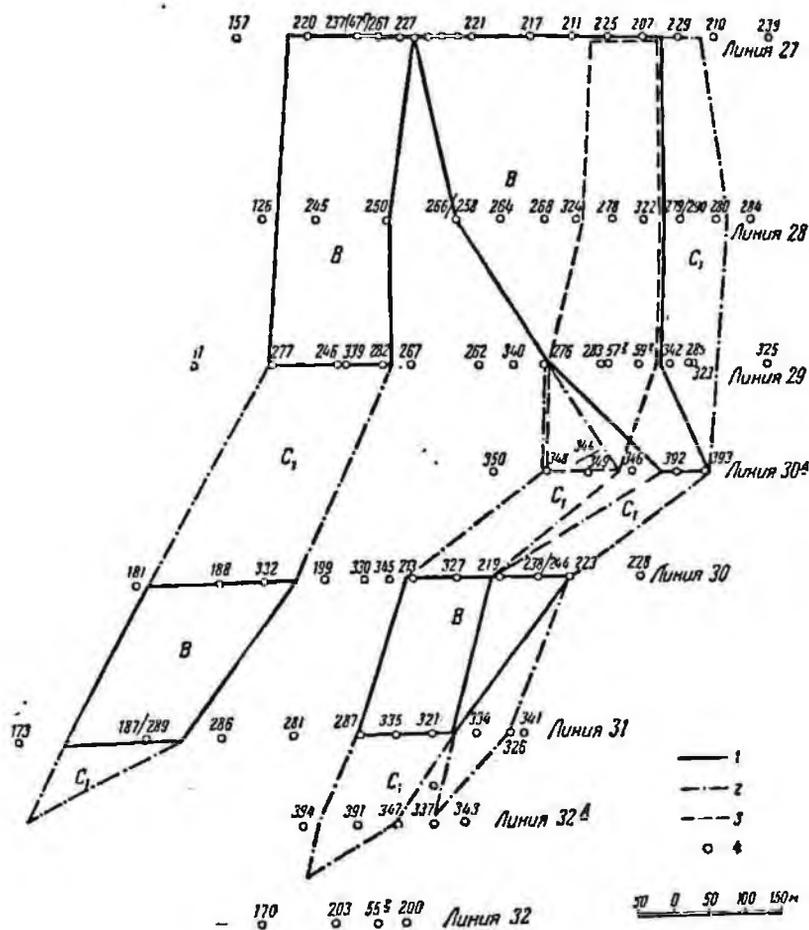


Рис. 215. Схема расположения вертикальных разрезов для подсчета запасов по одному из участков угольного месторождения

1 — контур запасов кат. В (верхняя пачка); 2 — контур запасов кат. С<sub>1</sub> (верхняя пачка); 3 — контур запасов кат. С<sub>1</sub> (нижняя пачка); 4 — разведочные скважины и их номера

горной массы), затем определялись коэффициенты промышленной угленосности по отдельным скважинам и в среднем по всему сечению и высчитывалась полезная площадь сечения путем умножения общей площади на коэффициент промышленной угленосности. Объем угольной массы между двумя соседними сечениями (с подразделением последних на отдельные блоки) определялся по общепринятым формулам (в простейшем случае — как произведение полусуммы площадей двух сечений на расстояние между сечениями). Запасы угля вычислялись путем умножения полученных объемов на объемный вес угля.

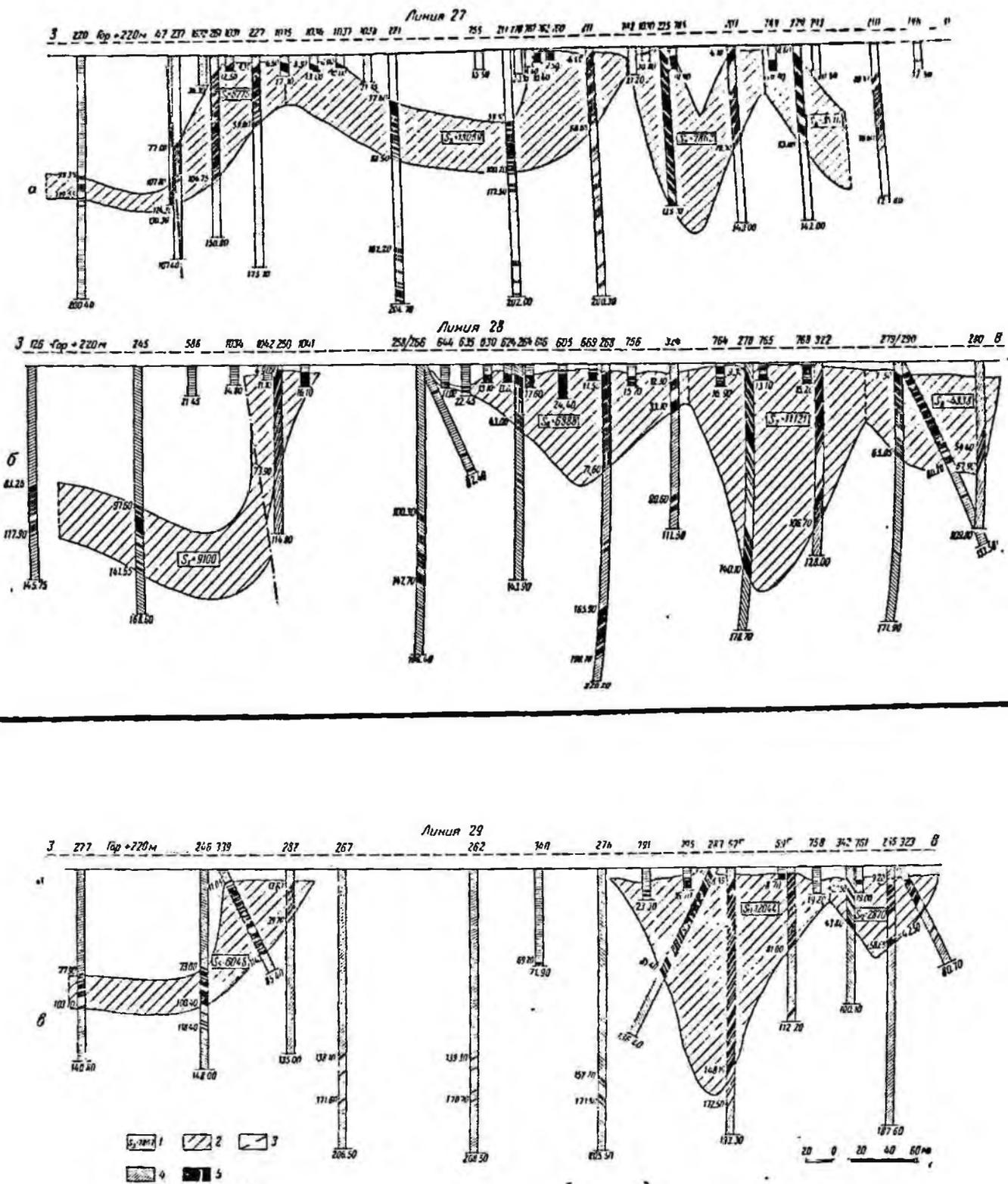


Рис. 216 а, б и в. Вертикальные разрезы к подсчету залпов по участку, изображенному на рис. 215  
 1 — площадь сечения угольного пласта; 2 — горная масса; 3 — линия нарушения; 4 — вмещающие породы; 5 — уголь

Схема подсчета запасов россыпи по способу разрезов с подсчетом по блокам, прилегающим к сечениям, приведена на рис. 217, а разрез этой россыпи по одной из разведочных линий — на рис. 218. Ширина долины реки, по которой произведен подсчет, колеблется в районе месторождения от 600 до 1000 м. Месторождение разведано шурфами и скважинами.

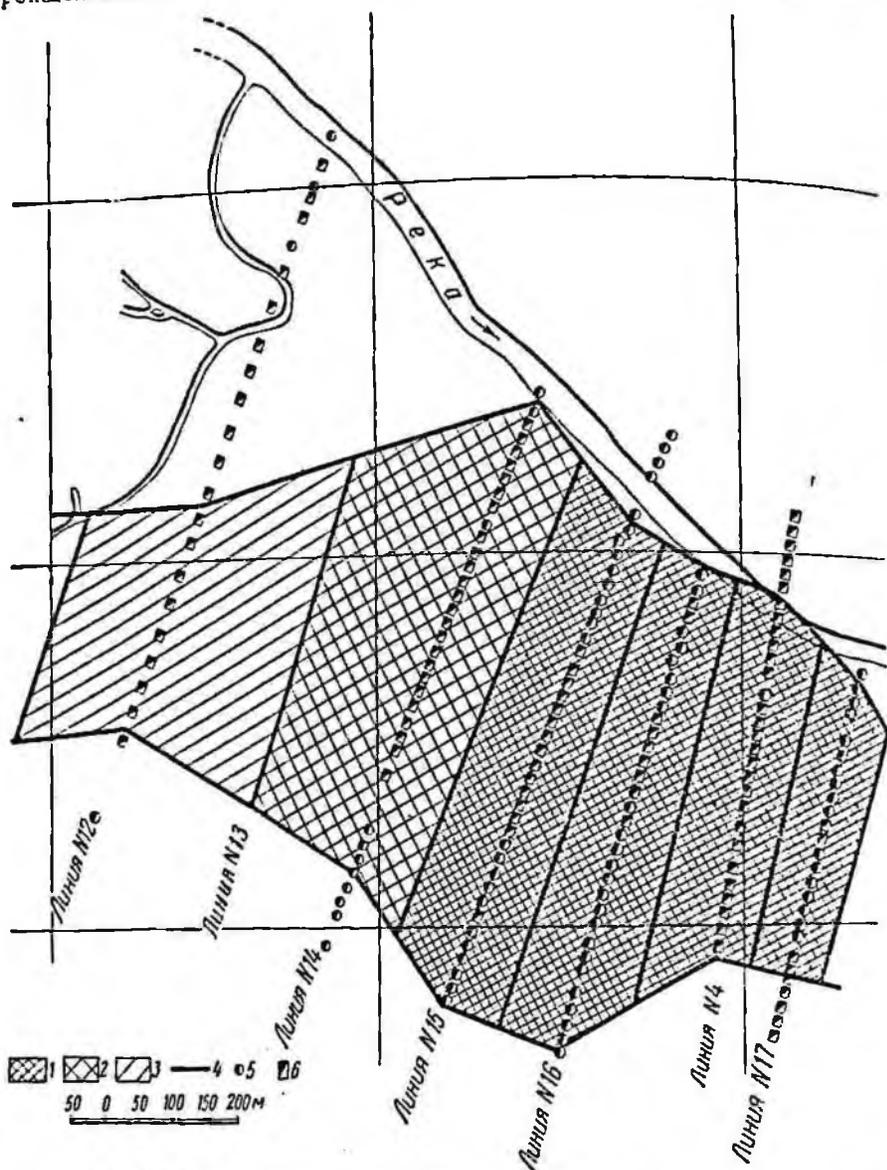


Рис. 217. Схема подсчета запасов части россыпи по способу разрезов  
 1 — запасы кат. А; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С; 4 — контур подсчетных блоков; 5 — скважины; 6 — шурфы

живами. Шурфы проходились сечением  $1,2 \times 1,6$  или  $1,4 \times 1,8$  м. Бурение осуществлялось четырехдюймовым комплектом станка Эмпайр при внутреннем диаметре обсадных труб в 93 мм. Выработки и скважины располагались по 50 разведочным линиям. Расстояние между выработками и скважинами в линиях обычно равнялось 20 м, реже увеличивалось до 30—40 м. Некоторые линии (более короткие) пройдены с целью

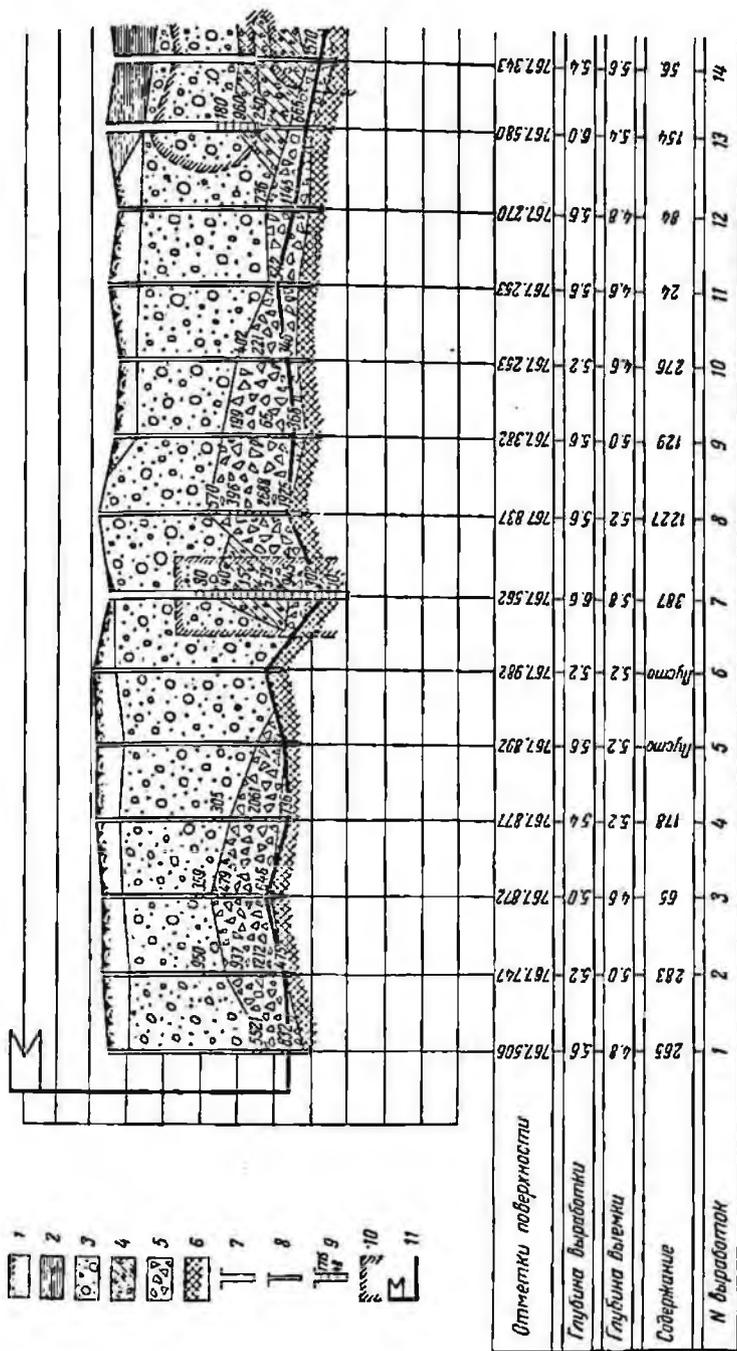


Рис. 218. Разрез (по части линии № 15) россыпи, изображенной на рис. 217

детализации наиболее богатых участков россыпи. Расстояния между линиями изменяются в широких пределах, от 80 до 200 м — на более детально разведанных участках и от 500 до 1300 м — на остальной площади месторождения. Промышленная часть россыпи установлена в пределах 30 разведочных линий. Так как разведка проводилась с целью выявления полигона для дражной добычи, то опробованию подвергались не только пески, но и вся толща наносов (торфов), а также верхний более или менее разрушенный горизонт коренных пород.

При подсчете запасов определялись последовательно: 1) линейные запасы рудной массы (в кубических метрах) по выработкам или скважинам путем перемножения глубины их на длину влияния, равную сумме половины расстояний до соседних выработок; 2) линейные запасы ценного компонента по выработкам или скважинам путем перемножения линейных запасов рудной массы на среднее содержание ценного компонента по выработке; 3) линейные запасы рудной массы и ценного компонента по разрезу вдоль разведочных линий путем суммирования линейных запасов рудной массы и ценных компонентов по выработкам и скважинам каждой линии; 4) средняя мощность россыпи (средняя глубина выемки) и среднее содержание ценного компонента по каждой линии путем деления запасов рудной массы и запасов ценного компонента по линии на ее длину; средние данные по линии распространялись на блок, прилегающий к линии с обеих сторон от нее на половину расстояния до соседних линий; площадь блока, тяготеющего к разведочной линии, измерялась планиметром; 5) запасы рудной массы по блокам определялись путем перемножения их площади на среднюю мощность (среднюю глубину выемки) по линии; 6) запасы ценного компонента по блокам определялись путем перемножения запасов рудной массы блока на среднее содержание ценного компонента по линии; 7) запасы отдельных частей и в целом россыпи определялись путем суммирования запасов по блокам.

### Метод многоугольников

Метод многоугольников называют также методом ближайшего района или методом Болдырева, по имени профессора Ленинградского горного института А. К. Болдырева, обосновавшего применение его для подсчета запасов [1914].

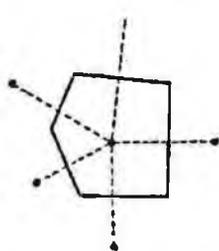


Рис. 219. Построение многоугольника на подсчетном плане вокруг одной из разведочных скважин

Сущность метода сводится к выделению вокруг какой-либо разведочной выработки, пересекшей тело полезного ископаемого, участка, все точки которого располагаются ближе к этой выработке, и распространения данных этой выработки (мощности, содержания компонентов и др.) на выделенный участок. При этом используется следующая геометрическая теорема: перпендикуляр, восстановленный из центра отрезка прямой линии, является геометрическим местом точек, равноудаленных от концов отрезка. При подсчете запасов производят вспомогательные графические построения. На плане каждую выработку соединяют с соседними вспомогательными прямыми линиями. Перпендикуляры, восстановленные из середины линий, встречаясь друг с другом, замыкаются, образуя вокруг каждой выработки многоугольники, все точки которого располагаются ближе к данной выработке, чем к любой другой (рис. 219). Очевидно, что на всю площадь этого многоугольника данные о мощности залежи и содержании компонентов центральной выработки распространяются с большим основанием, чем любой другой. В результате вспомогательных построений весь подсчетный

план расчленяется на многоугольники, а тело полезного ископаемого как бы преобразуется в группу сомкнутых многогранных призм, основанием которых являются указанные выше многоугольники, а высотой — мощность тела по выработке, находящейся в центре многоугольника (рис. 220). Выделение внутреннего и внешнего контура при подсчете запасов по способу многоугольников нецелесообразно. Многоугольники, построенные по пунктам внутреннего контура, перекрывают полосу, расположенную между внутренним и внешним контуром, и захватывают периферийную часть площади, расположенную в пределах внутреннего контура.

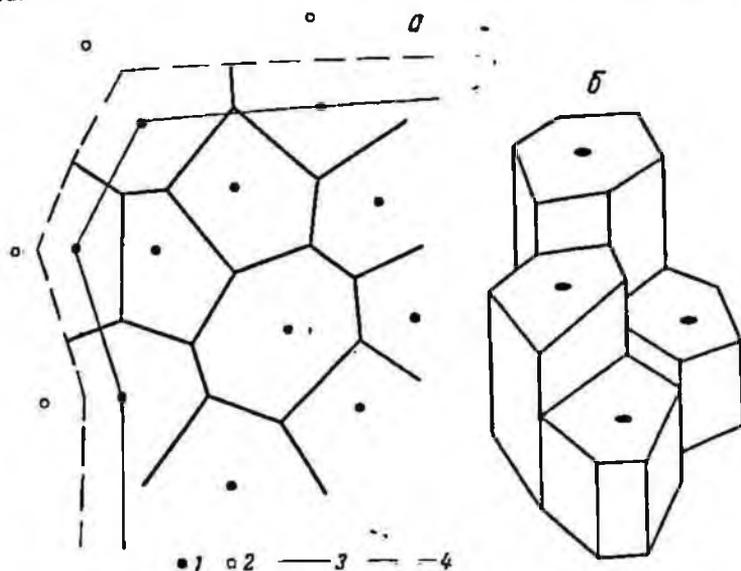


Рис. 220. Подсчет запасов по методу многоугольников: *a* — фрагмент подсчетного плана; *b* — перспектива фрагмента тела полезного ископаемого, трансформированного в группу многогранных призм

1 — скважины, пересекающие тело полезного ископаемого; 2 — скважины, показывающие отсутствие тела полезного ископаемого; 3 — внутренний контур; 4 — внешний контур

Вычислительные операции по каждой призме производят следующим образом. Площадь каждого многоугольника ( $S$ ) вычисляют, расчленив его на треугольники, а также непосредственно измеряя планиметром или палеткой. Умножив площадь на высоту (мощность  $m$ ) многогранной призмы, получают ее объем ( $v$ ), умножение которого в свою очередь на объемный вес ( $d$ ) дает запасы сырья ( $Q$ ); произведение величины последних на среднее содержание по выработке ( $c$ ), вокруг которой построен многоугольник, определяет запасы компонента ( $P$ ). Общие запасы получают суммированием запасов отдельных призм. Формуляр для подсчета запасов простой и вместе с примером подсчета запасов медной руды и меди приводится в табл. 39.

Другим примером может служить подсчет запасов одного из участков угольного месторождения Подмосковского бассейна, изображенного на рис. 221. Промышленная площадь его составляет  $1,6 \text{ км}^2$ , содержит один рабочий угольный пласт мощностью  $1,0\text{--}3,0 \text{ м}$ , залегающий на глубине  $30\text{--}40 \text{ м}$  в основании угленосной толщи нижнего карбона. Пласт, как видно на разрезе (рис. 222), имеет залегание, близкое к горизонтальному, с пологой волнистостью. Участок характеризуется наличием размывов продуктивного горизонта (углисто-глинистого комплекса), а также непостоянством мощности угольного пласта, который

Таблица 39

Формуляр подсчета запасов по методу многоугольников

№ многоугольников	Площадь, м <sup>2</sup>	Мощность, м	Объем, м <sup>3</sup>	Объемный вес	Запасы медной руды, т	Содержание меди, %	Запасы меди, т
1	350	10	3500	3,5	12 250	1,2	
2	420	8	3360	3,5	11 760	2,1	147,0
12	475	9,2	4370	3,5	15 295	2,6	246,9
Всего . . .	5225	9,5	49595	3,5	173 582	2,27	3938,9

местами утоняется до нерабочей мощности и выклинивается. Таким образом, промышленный контур угольной залежи лежит либо по границе рабочей мощности пласта, либо по границе размыва продуктивного горизонта.



Рис. 221 Подсчет запасов одного из участков угольного месторождения Подмосковного бассейна по методу многоугольников

1 — буровая скважина, ее номер, мощность пласта угля и зольность угля, в процентах; 2 — запасы кат. А; 3 — запасы кат. В; 4 — запасы кат. С; 5 — некондиционные запасы

Участок разведывался скважинами механического бурения по сетке 250 × 250 м. Однако фактически эта сетка местами оказалась неравномерной и расстояние между отдельными скважинами изменялось в пре-

делах от 75 до 300 м. Контур площади подсчета ограничен изолинией мощности в 1 м, построенной в местах выклинивания угольной залежи с помощью интерполяции, а в местах древнего размыва угля — условно на  $\frac{1}{4}$  расстояния от крайних скважин, пересекающих угольный пласт. Из площади подсчета исключен небольшой участок пласта с нерабочей мощностью. Запасы высокозольных блоков отнесены к забалансовым.

Подсчет запасов по методу многоугольников имеет немного положительных сторон. Главным достоинством является простота и скорость вычислительных операций. Вместе с тем, метод обладает рядом крупных недостатков, среди которых могут быть названы следующие: 1) построение подсчетных многоугольных призм сильно искажает природную морфологию залежей и не дает представления о их форме, естественных условиях залегания и структурных особенностях; 2) при значительном количестве выработок графические построения оказываются громоздкими; проведение каждой новой выработки не позволяет дополнить чертеж, приводит к необходимости перечерчивать значительную часть его; 3) невозможно выделить отдельных сортов и типов минерального сырья с достаточной степенью надежности, особенно для месторождений с неравномерным распределением компонентов, так как качество минерального сырья для блока характеризуется только по одному пересечению, которое может дать случайные результаты, а границы подсчетных блоков не следуют вдоль естественных контуров отдельных сортов полезного ископаемого и не дают точного представления о распределении этих сортов в пространстве. В ряде руководств имеется ошибочное указание на то, что метод многоугольников дает возможность подсчитать запасы минерального сырья по сортам путем «суммирования» запасов соответствующих призм». Только при значительном количестве блоков соотношение отдельных сортов полезного ископаемого по месторождению в целом может быть установлено более или менее точно.

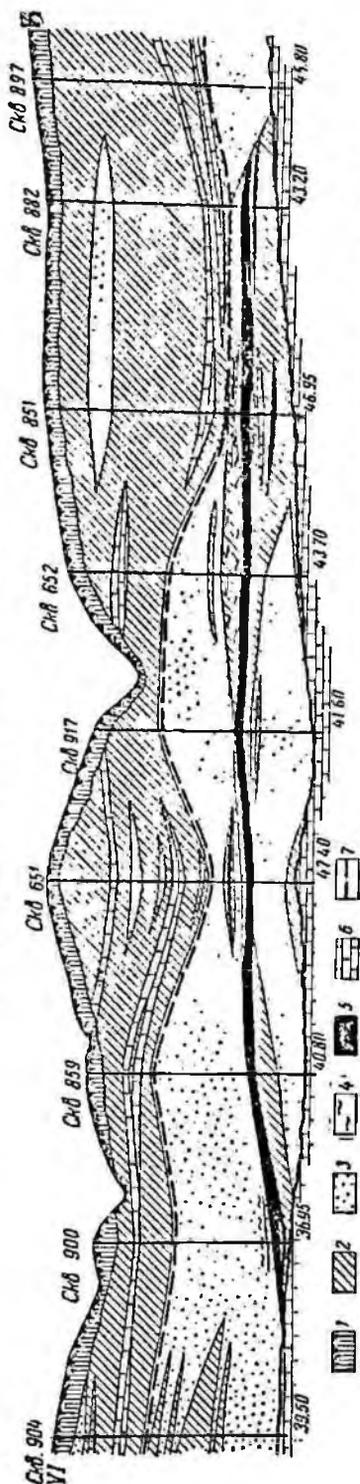


Рис. 222. Геологический разрез по линии VI—VI одного из участков угольного месторождения, классификация запасов которого приведена на рис. 221

1 — рыхлительный слой и суглинки; 2 — глина; 3 — песок; 4 — углестая глина; 5 — уголь; 6 — известняк; 7 — верхний граниль продуктивной толщи

В ряде случаев подсчет запасов этим методом искажает представление о пространственном распространении различных сортов минерального сырья. Для примера приводится подсчет запасов линзообразной залежи бокситов. Мощность проходкой буровых скважин составляет 1,23—3,20 м. Разведка осуществлена линиями (рис. 223, 224). Как видно из разреза, бокситы приурочены к центральной части залежи. В кровле и подошве закономерно расположены аллиты и силлиты. На плане же подсчета запасов эта закономерность не вскрывается.

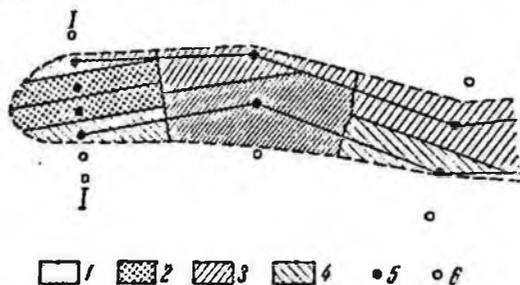


Рис. 223. Схема подсчета запасов методом многоугольников части залежи бокситов

1 — боксит марки Б-3; 2 — боксит марки Б-6; 3 — боксит марки Б-11; 4 — боксит марки Б-12; 5 — буровые скважины, встречающие рузу; 6 — безрудные буровые скважины

Этот метод не следует рекомендовать для широкого использования из-за указанных недостатков, особенно при подсчете запасов со сложным внутренним строением тел полезных ископаемых.

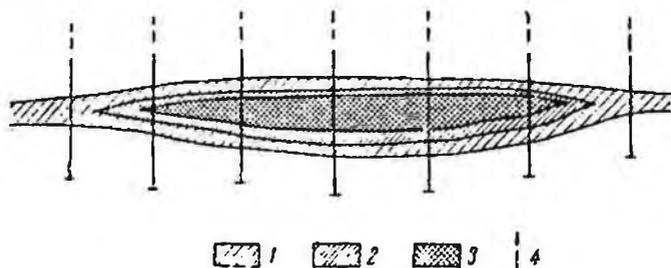


Рис. 224. Схематический разрез залежи бокситов по линии I—I

1 — силлиты; 2 — аллиты; 3 — бокситы; 4 — буровые скважины

### Метод треугольников

При этом методе на подсчетном плане каждая выработка с соседней соединяется прямой линией (рис. 225, а). Площадь тела полезного ископаемого разбивается на треугольники. Если по сторонам их мысленно провести плоскости, перпендикулярные к средней плоскости залежи, то вся залежь разобьется на трехгранные призмы (см. рис. 225, б), величины ребер которых определяются мощностью залежи по выработкам. Таким образом, тело полезного ископаемого как бы преобразуется в группу сомкнутых кососрезанных треугольных призм.

Графические построения производят на подсчетном плане, где площадь тела полезного ископаемого разбивают на треугольники отдельно в пределах внутреннего и внешнего контуров. Вариантов разбивки площади на треугольники может быть несколько. Например, по четырем

точкам можно построить две комбинации треугольников (рис. 226). Предпочтительнее выбирать те из них, при которых треугольники приближаются к равносторонним. В межконтурной полосе треугольники

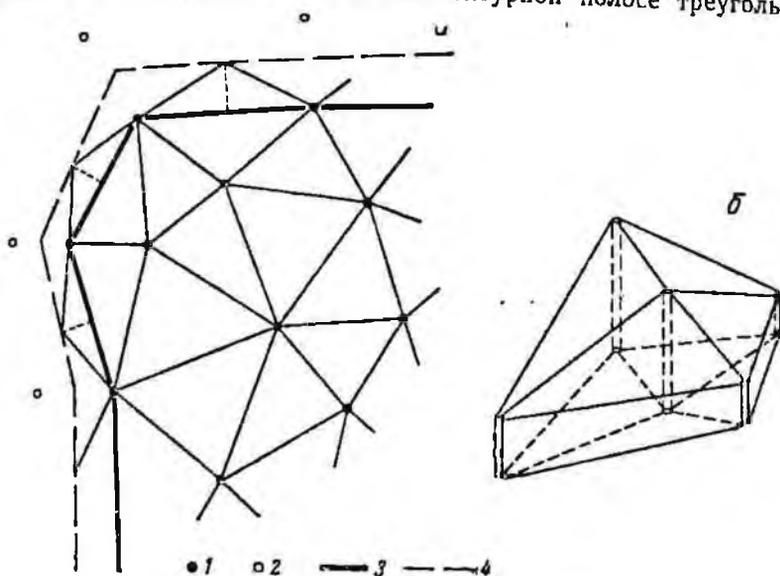


Рис. 225. Подсчет запасов по методу треугольников  
*a* — фрагмент подсчетного плана; *b* — перспектива фрагмента тела полезного ископаемого, трансформированного в сомкнутую группу косоусеченных трехгранных призм  
 1 — скважины, пересечение залежь; 2 — скважины, показывающие отсутствие тела полезного ископаемого; 3 — внутренний контур; 4 — внешний контур

строят следующим образом. Из середин отрезков, соединяющих выработки, находящиеся на контуре, проводят перпендикуляры. Точки пересечения их с внешним контуром соединяют с выработками, расположенными на контуре, что приводит к образованию сети треугольников,

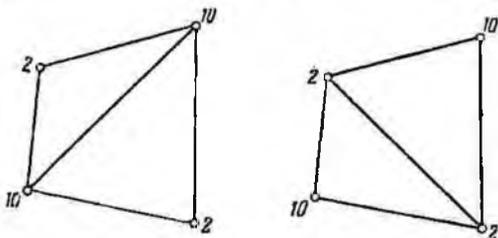


Рис. 226. Два варианта построения треугольников по четырем точкам. Кругок с цифрой показывает скважину и мощность залежи по ней

целиком заполняющих межконтурное пространство (см. рис. 225, *a*). Для вершин треугольников, расположенных на внешнем контуре, принимают значение мощности и содержание внешнего контура (нулевое или рабочее, в зависимости от того, является ли внешний контур линией полного выклинивания, или проведен по рабочей мощности или содержанию).

При вычислении запасов площадь треугольника ( $S$ ) обычно определяют геометрически. Объем каждой косоугольной призмы ( $v$ ) находят путем умножения площади на треть суммы высот (мощностей —  $m$ ). Умножая объем призмы на объемный вес, получают цифру за-

пасов сырья ( $Q$ ) в призме, а умножая запасы сырья на среднее содержание компонента ( $c$ ) — цифру запасов ценного компонента ( $P$ ). Среднее содержание компонентов чаще всего вычисляют как среднее взвешенное на мощностях тела в трех выработках, расположенных в вершинах треугольников. Определение среднего содержания ценного компонента способом среднего арифметического обычно практически мало отличается от определения его путем взвешивания на мощностях и в подавляющем большинстве случаев может с успехом применяться.

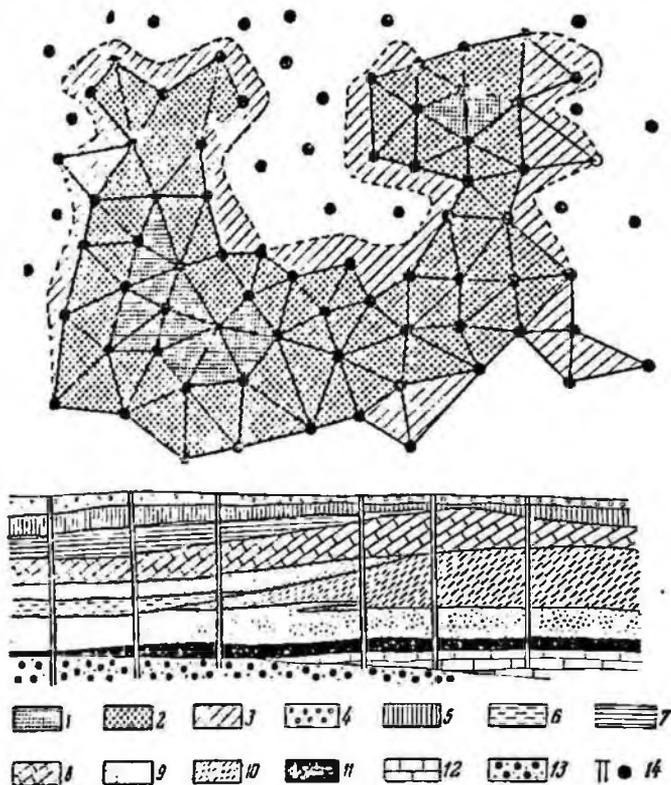


Рис. 227. Подсчет запасов руды одного из участков Никопольского марганцевого месторождения методом треугольников

1 — запасы кат. А; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С; 4 — аллювий; 5 — суглинок белый; 6 — глина красно-бурная; 7 — глина серая и черная; 8 — мергель; 9 — песок наэрудный; 10 — глина наэрудная; 11 — марганцевая руда; 12 — известняк; 13 — песок поэрудный; 14 — скважины

Запасы минерального сырья и компонентов по всей залежи или части ее получают суммированием запасов, подсчитанных в отдельных трехгранных призмах. Примером подсчета методом треугольников может служить подсчет запасов одного из участков Никопольского месторождения марганца, заимствованный из книги Г. Д. Ажгирея, Б. К. Брешенкова, Д. А. Зенкова и Л. А. Русина [1950]. Месторождение сложено третичными и четвертичными породами, залегающими непосредственно на гранитах и гнейсах докембрийского возраста. Пласт марганцевой руды приурочен к толще палеогена, представленной глинами и песками. Выше залегают песчано-глинистые отложения нижнего и среднего сармата, понтического яруса (известняк) и плиоцена. Третичные породы перекрыты четвертичными отложениями, представленными желтыми и бурными лёссовидными суглинками мощностью до 20 м (рис. 227).

Общая площадь разведанного участка значительна. Рудный пласт в его пределах залегает в общем почти горизонтально, но волнисто, что связано с первичными условиями образования руды. Средняя мощность рудной залежи 1,7 м, максимальная 3,6 м. Встречаются участки с рудными телами небольшой мощности (десятые доли метра) или совершенно безрудные, образование которых объясняется местными повышениями подошвы залежи или пострудными размывами ранее отложившегося рудного пласта. Глубина залегания руд колеблется в широких пределах (от 12 до 75 м) в зависимости от рельефа поверхности и кровли пласта.

Разведочные работы производились ручным ударно-вращательным бурением и проходкой шурфов. Буровые скважины и шурфы расположены по неправильной сети, на расстоянии от 150 до 400 м одна от другой. В пределах разведанного участка пройдено 19 шурфов; из некоторых пройдены штреки длиной до 100 м. Запасы подсчитаны по методу треугольников (см. рис. 227).

Формуляр для подсчета запасов при определении содержания компонента среднеарифметическим способом приводится в табл. 40.

Таблица 40

Формуляр подсчета запасов по методу треугольников при определении содержания компонента среднеарифметическим способом

№ выработок	№ треугольников	Площадь треугольников, м <sup>2</sup>	Мощность по выработкам, м	Средняя мощность, м	Объем, м <sup>3</sup>	Объемный вес	Запасы руды, т	Содержание меди по выработкам, %	Среднее содержание меди, %	Запасы меди, т
1 2 3	I	2800	4 6 3	4,3	12 040	3,6	43344	3,2 3,6 2,8	3,2	1387
1 2 4	II	3600	4 6 8	6,0	21 600	3,6	77760	3,2 3,6 4,2	3,7	2877
2 4 5	III	4200	6 8 6	6,6	27 720	3,6	99792	3,6 4,2 3,8	3,9	3892
4 5 6	IV	3780	8 6 4	6,0	22 680	3,6	81648	4,2 3,8 4,1	4,0	3266
Всего		14 380		5,8	84 040	3,6	302 544		3,8	11422

Формуляр для подсчета запасов при определении среднего содержания компонента способом среднего взвешенного частных содержаний в выработках на мощности приводится в табл. 41.

Сравнение конечных цифр запасов меди, подсчитанных среднеарифметическим путем (см. табл. 40) и способом средневзвешенного на мощность (см. табл. 41), лишней раз подчеркивает необычайно малую разницу между ними и практическую нецелесообразность пользоваться при подсчете запасов сложными способами средневзвешенного при вычислении средних значений отдельных параметров.

Несмотря на то, что метод треугольников является одним из самых старых и достаточно распространенных, в нем трудно подметить какие-либо достоинства. Существующее представление о том, что при подсчете этим методом, в отличие от подсчета методом многоугольников, точнее выделяются сорта полезного ископаемого (в связи со сглаживанием единичных показателей по отдельным выработкам при выводе среднего

Таблица 41

Формуляр подсчета запасов по методу треугольников при определении среднего содержания компонента способом среднего взвешенного частных содержаний в выработках на мощности

№ выработок	№ треугольников	Площадь треугольников, м <sup>2</sup>	Мощность по выработкам, м	Средняя мощность, м	Объем, м <sup>3</sup>	Объемный вес	Запасы руды, т	Содержание меди по выработкам, %	Произведение содержания на мощность	Среднее содержание руды, %	Запасы меди, т
1 2 3	I	2 800	4 6 3	4,3	12 040	3,6	43 341	3,2 3,6 2,8	12,8 21,6 8,4	3,3	1 430
1 2 4	II	3 600	4 6 8	6,0	21 600	3,6	77 760	3,2 3,6 4,2	12,8 21,6 33,6	3,8	2 955
2 4 5	III	4 200	6 8 6	6,6	27 720	3,6	99 792	3,6 4,2 3,8	21,6 33,6 22,8	3,89	3 892
4 5 6	IV	3 780	8 6 4	6,0	22 680	3,6	81 648	4,2 3,8 4,1	33,6 22,8 16,4	4,0	3 266
Всего		14 380		5,8	84 040	3,6	302 544			3,8	11 543

содержания по сумме трех выработок), вряд ли может быть принято во внимание. С усреднением показателей качества можно было бы считаться только в случае, когда границы подсчетных участков следовали бы вдоль естественных границ различных сортов минерального сырья. Границы же треугольников проводят формально, не считаясь с природными контурами отдельных сортов полезного ископаемого и обычно пересекая их. Поэтому при подсчете запасов этим методом точно так же, как и методом многоугольников, запасы по сортам во многих случаях не уточняются, а искажаются.

Метод треугольников имеет ряд недостатков, главнейшие из которых следующие: 1) расчетные операции очень громоздки, особенно при большом количестве выработок, каждая из которых участвует в подсчете не менее трех раз, обычно 5—6 раз. Поэтому объем подсчетных таблиц во много раз превышает объем вычислительных операций другими методами (особенно, если определение средних содержаний производится способом взвешивания на мощность, или когда одновременно производится подсчет нескольких полезных компонентов); 2) расчленение тел полезных ископаемых на косоусеченные трехгранные призмы сильно искажает их геологическую форму и не дает представления об естественных условиях залегания и структуре месторождения; 3) подсчет запасов по отдельным сортам минерального сырья не дает надежных результатов, так как естественные контуры залегания руд подменяются формальными границами трехгранных призм, обычно не совпадающих и часто пересекающих естественные контуры распространения отдельных сортов и типов руд.

Авторы некоторых работ подробно рассматривают подсчет запасов методом треугольников и работают над вопросами его упрощения (например, Е. А. Трушечкин, 1948) или уточнения результатов путем применения способов «взвешивания по углам» и «по сторонам». Однако это не дает возможности избежать основных недостатков метода.

Иногда в качестве недостатка приводится субъективность метода, связанная с возможностью различного расчленения площади тела полезного ископаемого на треугольники, что дает и различные цифры запасов. Так, при первом варианте построения треугольников (см. рис. 226) средняя мощность для каждого треугольника равна 7,3 м. При втором варианте она будет 4,7 м. Запасы, подсчитанные по первому варианту, будут больше на 55% запасов, подсчитанных по второму варианту. Но, во-первых, такой резкой разницы в мощностях, которая имеется в случае, приведенном на рис. 226, в природе не встречается; здесь она сознательно утрирована для того, чтобы подчеркнуть описываемую особенность метода. Во-вторых, подсчетные операции не с двумя, а с большим количеством треугольников, сглаживают даже достаточно резкие различия в мощностях тела и содержаниях компонентов, наблюдающиеся в месторождениях с изменчивыми параметрами подсчета. В-третьих, описываемая особенность подсчета запасов, рассматриваемая в качестве недостатка его, может быть использована и как положительная сторона. Для этого необходимо произвести подсчет по двум вариантам построения сети треугольников. Второй подсчет позволит установить влияние различных способов построения на конечные цифры запасов, а среднее из двух подсчетов, очевидно, будет наиболее точной цифрой их.

Метод треугольников, несмотря на очевидное его несовершенство, находит еще применение в практике геологоразведочных работ. Однако указанные выше недостатки не позволяют рекомендовать его для широкого использования.

### Метод четырехугольников

Когда разведка пластовых рудных тел осуществляется проходкой выработок по правильной четырехугольной сетке, иногда применяют для подсчета запасов метод четырехугольников. Он аналогичен методу треугольников, но разбивка площади проекции рудного тела на плане производится на четырехугольники путем соединения выработок прямыми линиями. Поэтому все основные недостатки метода треугольников относятся и к этому методу.

### Метод изогипс

Этот метод подсчета запасов, предложенный В. И. Бауманом [1908], применяется для пластовых месторождений с выдержанной мощностью. Кровля пласта изображается на разведочном плане в виде системы изогипс равных высот (изогипс). Пласт мощностью свыше 5 м изображается системой изогипс, проходящих по условной поверхности, разделяющей мощность пласта пополам. По системе изогипс объем пласта определяется (рис. 228) по приведенной ниже формуле. Объем участка пласта, расположенного между двумя изогипсами  $AB$  и  $CD$ , равен площади его  $ABCD$ , умноженной на мощность пласта. Если площадь  $ABCD$  обозначить через  $S$ , то  $S = la$ , в свою очередь  $a = \sqrt{b^2 + h^2}$ , откуда  $S = l\sqrt{b^2 + h^2}$ , тогда

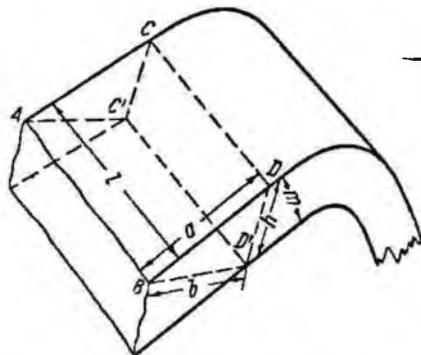


Рис. 228. Часть пласта на крыле антиклинальной складки (к подсчету запасов по методу изогипс)

$$V = ml\sqrt{b^2 + h^2}, \quad (153)$$

где  $V$  — объем части пласта между двумя изогипсами;  
 $m$  — мощность пласта, определяемая как средняя величина по данным разведочных работ;  
 $l$  — длина полосы между изогипсами, измеряемая на плане курвиметром;  
 $b$  — расстояние между изогипсами, определяемое на плане как средняя величина по ряду замеров;  
 $h$  — расстояние между изогипсами, задаваемое при вычерчивании системы изогипс.

Запасы сырья получают умножением объема пласта на средний объемный вес. Суммирование запасов, вычисленных для полос, расположенных между отдельными изогипсами, дает цифру общих запасов.

Графические построения сводятся к проведению на разведочном плане линий равных высот кровли пласта. Для этого на плане рядом с каждой выработкой, пересекающей пласт, проставляют абсолютную или относительную отметку кровли (для маломощных пластов) или середины пласта (для мощных пластов). Затем, интерполируя эти данные, проводят систему изогипс кровли или середины пласта.

Пример формуляра подсчета запасов по методу изогипс для участка пласта каменного угля приводится в табл. 42.

Таблица 42

Формуляр для подсчета запасов по методу изогипс

Полоса выше изогипсы	Расстоя- ние меж- ду изогипсами ( $b$ ), м	$b^2$	Раз- ность высот ( $h$ ), м	$h^2$	$b^2 + h^2$	$\sqrt{b^2 + h^2}$	Длина полосы между изогип- сами, м	Площадь $S = l\sqrt{b^2 + h^2}$
150	15	225	10	100	325	18	5 500	99 000
160	18	324	10	100	424	21	5 300	111 300
170	20	400	10	100	500	22	5 100	112 200
180	21	441	10	100	541	23	4 900	112 700
190	23	529	10	100	629	25	4 700	117 500
200	25	625	10	100	725	27	4 500	121 500
Всего								674 200

Объем ( $V$ ) при мощности ( $m$ ), равной 1,2 м, составит  $V = 674200 \times 1,2 = 709040 \text{ м}^3$ . Запасы угля ( $Q$ ) при объемном весе ( $d$ ), равном 1,4, составляют  $Q = 709040 \times 1,4 = 992656 \text{ т}$ .

Примером применения этого метода может служить подсчет запасов каменного угля одного из участков пласта в Донецком бассейне, гипсометрический план которого изображен на рис. 229, а разрез — на рис. 230. Участок месторождения сложен отложениями свиты  $C_2^4$  среднего карбона и приурочен к сводовой части крупной антиклинальной складки широтного простирания, осложненной в северной части синклинальным прогибом и нарушенной надвигами широтного направления. Углы падения пластов на этой площади меняются в широких пределах, от 4—6° до 30—55°.

Разведочные работы проводились скважинами колонкового бурения по разведочным линиям меридионального направления, расположенным на расстояниях 0,5 км. Скважины на линиях располагались с таким расчетом, чтобы уловить основные формы структуры участка. Рабочий угольный пласт, по которому подсчитывались запасы, характеризуется сложным строением, так как состоит из двух угольных пачек, разделенных слоем породы более мощным, чем каждая из этих пачек.

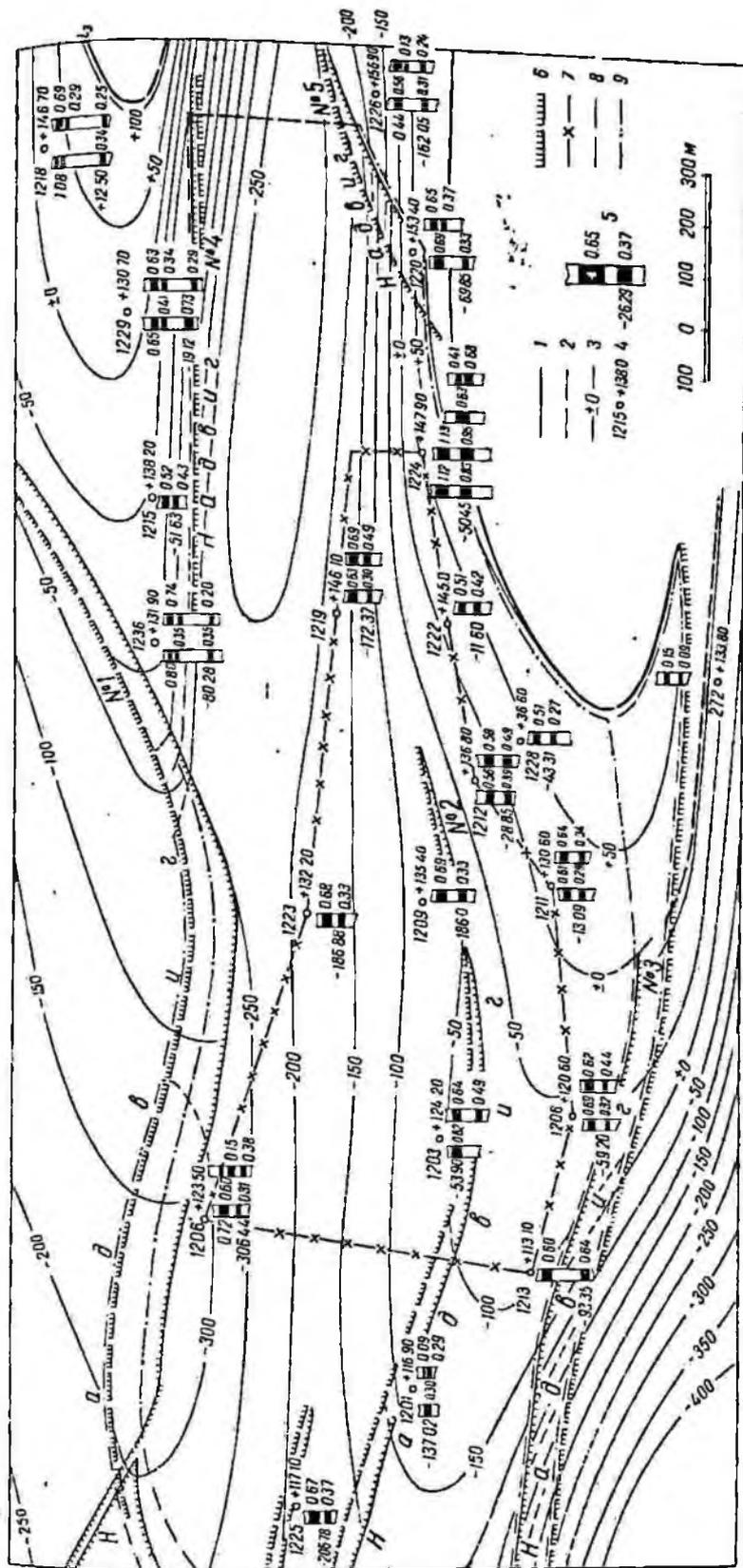


Рис. 229. Подсчет запасов по методу изогипс, Гипсометрический план части пласта  $\delta$  на одном из участков Донбасса

1 — вход рабочего угольного пласта; 2 — выход перекрывающего угольного пласта; 3 — изогипс пласта; 4 — буровая скважина; ее номер и отметка устья; 5 — структура угольного пласта; справа — мощность в метрах, слева — абсолютная отметка в метрах; 6 — тектоническое нарушение; 7 — граница заласов кат. А; 8 — граница заласов кат. В; 9 — граница заласов кат. С.

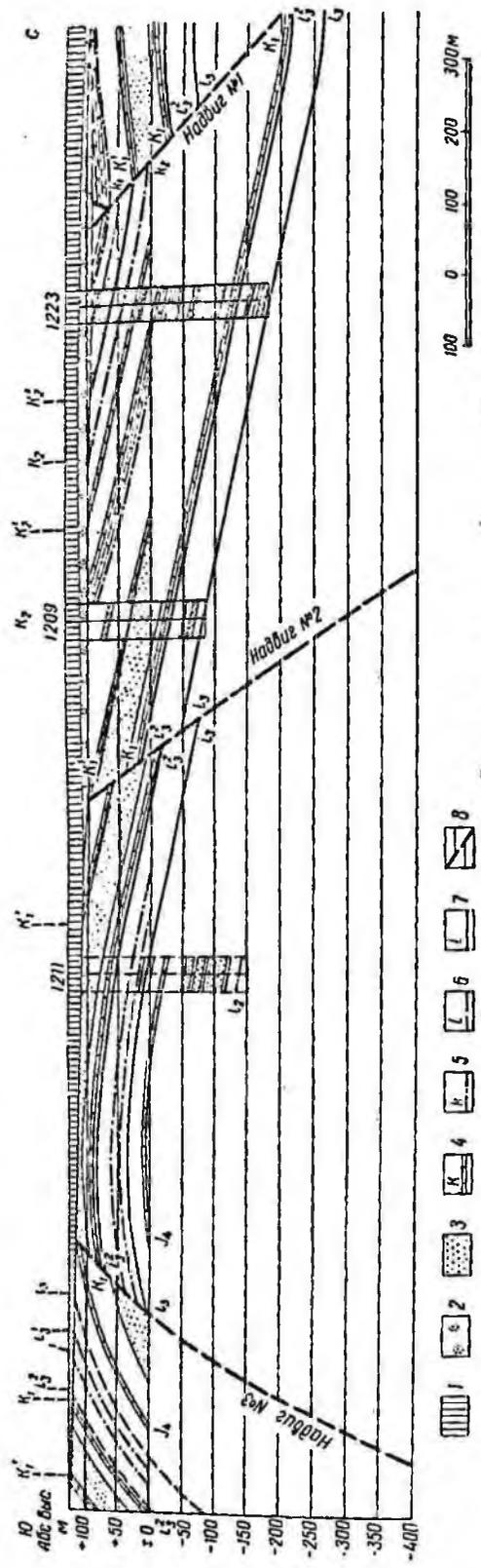


Рис. 230. Геологический профиль участка, изображенного на рис. 229

1 — четвертичная глина; 2 — третичный песок; 3 — песчаник; 4 — известняк; 5 — мерзлочный пласт угля; 6 — неразмельченный пласт угля; 7 — рабочий пласт угля; 8 — тектоническое нарушение

Так как рабочую мощность имеет только верхняя пачка, то запасы подсчитывались лишь по ней на основе гипсометрического плана почвы пласта в проекции на горизонтальную плоскость (см. рис. 229). Вся площадь подсчета разделена на блоки применительно к принятым границам категорий запасов А<sub>2</sub>, В и С<sub>1</sub>. Внутри каждого блока по способу Баумана подсчитывались отдельные площади, ограниченные изогипсами. Подсчетная мощность блока определялась как средняя из мощностей по скважинам, расположенным на площади блока. При отсутствии скважин внутри площади принимались данные ближайших скважин.

Подсчет запасов методом изогипс производится по естественной форме пласта, наглядно изображаемой системой изогипс, что является большим достоинством. Второе положительное качество метода заключается в том, что подсчет запасов производится по изогипсам, т. е. по глубинам, что крайне важно для целей проектирования разработки месторождений.

Недостатком метода изогипс является ограниченная возможность его применения (только для пластовых месторождений с очень выдержанной мощностью). Кроме того, этим методом нельзя подсчитать запасы полезного компонента (возможен подсчет только минерального сырья). Поэтому метод применяется крайне редко и только при подсчете запасов каменного угля типа Донецкого бассейна. Для месторождений других полезных ископаемых методом изогипс практически не пользуются.

### Метод изолиний

Метод изолиний, как сообщает Н. И. Трушков [1934], был впервые теоретически разработан и применен Ф. Н. Шклярским при подсчете запасов лилецких месторождений железных руд в 1920—1921 гг. Этот метод и его разновидность разрабатывались также П. К. Соболевским [1928] и его школой.

Сущность метода состоит в том, что тело полезного ископаемого, ограниченное со всех сторон сложными поверхностями, преобразовывается в равновеликое, ограниченное с одной стороны ровной плоскостью, а с другой — сложной поверхностью. Объем такого тела, а следовательно, и запасы его могут быть вычислены по известным формулам определения объема, ограниченного топографической поверхностью, т. е. поверхностью, изображенной системой замкнутых изолиний равной высоты (рис. 231).

Графические построения сводятся к следующему. Для определения объема залежи и запасов компонента на подсчетном плане рядом с каждой выработкой, пересекающей залежь, выписываются мощность залежи и значение произведения этой мощности на содержание компонента. Затем обычным способом интерполяции проводятся системы изолиний равных мощностей и равных значений произведений мощностей на содержание.

При подсчете запасов по этому методу строить изолинии можно по истинным значениям мощностей и по вертикальным или горизонтальным проекциям их. Увеличение значений мощностей при измерении их в вертикальном или горизонтальном направлении компенсируется уменьшением проекции площади тела и приводит к тем же конечным цифрам запасов, которые получаются при полной проекции залежи и нормальных мощностях.

Для определения объема тела, ограниченного топографической поверхностью, пользуются аналитическим способом и измерением палеткой. В первом случае площади, ограниченные изолиниями, последовательно измеряются планиметром. Затем вычисляется объем по одной из следующих формул:

1) приближенного интегрирования (формула Симпсона)

$$V = \frac{h}{3} [(S_0 + S_n) + 4(S_1 + S_3 + S_5 + \dots) + 2(S_2 + S_4 + S_6 + \dots)] \pm \frac{1}{3} \Sigma S_m h, \quad (154)$$

где

- $V$  — объем тела, ограниченного системой изолиний равных высот;  
 $h$  — расстояние между сечениями (цена сечения);  
 $S_0$  — площадь, ограниченная нулевой изолинией;  
 $S_1, S_2$  и т. д. — площади, ограниченные соответствующими изолиниями;  
 $S_m$  — площадь, ограничивающая конечные впадины и выступы в системе изолиний; площади впадин берутся со знаком минус, а площади выступов — со знаком плюс;

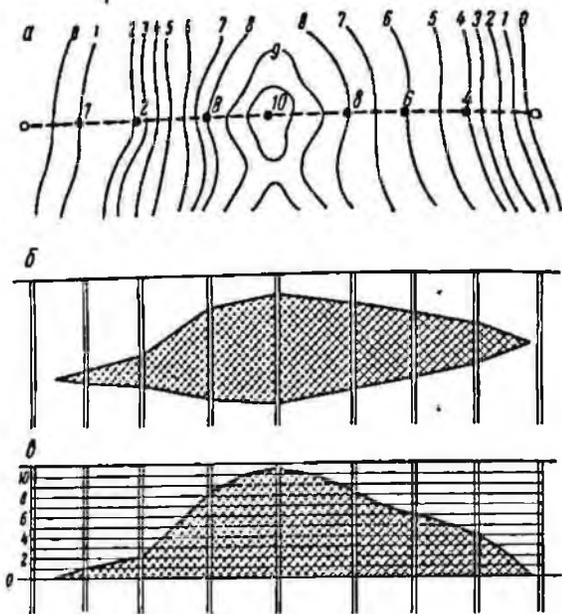


Рис. 231. Подсчет запасов по методу изолиний  
 $a$  — план части тела полезного ископаемого в изолиниях мощности;  
 $б$  — разрез тела полезного ископаемого по разведочной линии;  
 $в$  — разрез равноветленного тела, ограниченного с одной стороны плоскостью, а с другой — поверхностью

2) усеченного конуса

$$V = \frac{h}{3} \Sigma (S_{n-1} + S_n + \sqrt{S_{n-1}S_n}) \pm \Sigma S_m h; \quad (155)$$

3) трапеции

$$V = h \left( \frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + \frac{S_n}{2} \right) \pm \Sigma S_m h; \quad (156)$$

при тех же значениях параметров.

Расхождения между подсчетами по трем формулам незначительны. Наиболее просто производятся вычисления по формуле трапеции, поэтому она чаще других применяется при подсчете запасов этим методом.

При втором случае объем тела, изображенного системой изолиний, измеряется палеткой, которую накладывают на план изолиний и затем выписывают значения точек палетки в соответствии с тем, на какую изолинию они попадают. Значения точек, попадающих между изолиниями, определяют на глаз путем интерполяции (рис. 232). После этого суммируют значения всех точек, попадающих в поле, ограниченное крайней изолинией, и умножают их на цену точки палетки. Эта цена зависит от размеров клетки палетки, а также от масштаба чертежа и определяется в кубических метрах, приходящихся на каждую клетку, при измерении системы изолиний равных мощностей, и в кубических метропроцентах или в кубических метрограммах — при измерении системы изолиний равных произведений мощностей на содержание. Можно

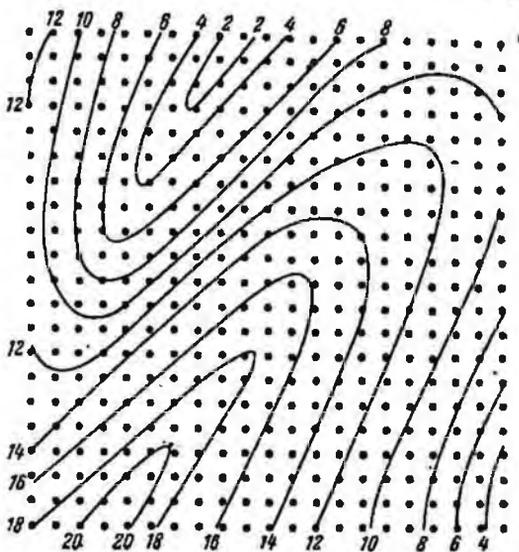


Рис. 232. Подсчет запасов по методу изолиний при помощи палетки

значение каждой точки палетки сразу перемножить на ее цену и суммировать эти произведения. Для контроля и повышения точности подсчета измерения палеткой производятся два-три раза. В подсчет вводится среднее арифметическое из этих замеров.

Запасы минерального сырья ( $Q$ ) вычисляются путем умножения объема, определенного по системе изолиний равных мощностей на средний объемный вес ( $d$ ). Запасы компонента ( $P$ ) определяются умножением объема фигуры, изображенной системой изолиний равных произведений мощности ( $m$ ) на содержание ( $c$ ) и на средний объемный вес ( $d$ ).

Если вместо изолиний равных мощностей строить сразу изолинии произведения мощности на объемный вес, то при вычислении объема такой фигуры будет получаться запас минерального сырья; если строить изолинии равных произведений мощности на содержание и на объемный вес, то измерение объема даст запасы компонента.

Пример подсчета запасов одной из золотоносных россыпей методом изолиний приведен А. А. Кренигом, А. А. Розиним, и К. Л. Пожарицким [1940]. Россыпь предназначалась к отработке дражным способом, поэтому на графике необходимо было отразить рельеф подошвы (плотика) россыпи, мощности золотосодержащих пород, распределение золота в массе россыпи и распределение запаса золота в дражном полигоне, для чего составлено четыре самостоятельных плана соответствующих изолиний, а также топографический план долины. По отметкам



мером  $10 \times 10$  см), а при их суммировании — по всей россыпи в пределах промышленного контура. Каждый топографический планшет был разбит координатной сеткой на квадраты площадью в 4 гектара. Для удобства подсчета были разработаны специальные формуляры, отражающие результаты подсчета каждого квадрата (табл. 43). Для исключения грубой ошибки подсчет производился дважды, причем второй раз палетка накладывалась с поворотом на  $45^\circ$ . В подсчет запасов вводилось среднее значение двух замеров  $\frac{381210 + 378500}{2} = 379850$  мг, или 379,85 г. Цена деления — 400 м<sup>2</sup>. Запасы золота будут  $379,85 \times 400 = 151940$  г или 151,94 кг.

Таблица 43

Формуляр подсчета запасов золота (мг) методом изолиний

Горизонтальные столбцы	Вертикальные столбцы					Итого
	1	2	3	4	5	
Первый замер						
1	—	—	—	—	—	—
2	—	28 320	57 930	26 670	—	112 920
3	—	8 410	37 790	16 640	2 580	65 420
4	—	20 320	66 760	28 490	—	115 570
5	—	3 330	22 540	55 350	6 080	87 300
Итого	—	60 380	185 020	127 150	8 660	381 210
Второй замер						
1	—	—	—	—	—	—
2	—	27 940	58 300	26 960	—	113 200
3	—	8 460	37 470	16 470	2 560	64 960
4	—	20 220	66 150	28 270	—	114 640
5	—	3 500	22 630	53 490	6 080	85 700
Итого	—	60 120	184 550	125 190	8 640	378 500

В некоторых руководствах указывается, что основным достоинством метода изолиний является его наглядность; изображение по системе изолиний морфологии тела полезного ископаемого и распределения ценных компонентов дает, якобы, ясную картину строения месторождения и концентрации компонентов в нем, а системы изолиний произведений содержания металла на мощность тела отчетливо изображают как бы модель слитка металла, заключенного в недрах. Однако это не совсем верно. Еще в инструкции ГГРУ 1931 г. отмечено: «Необходимо помнить, что определяемое изолиниями мощностей тело дает не действительную форму рудного тела, а более или менее близкую к ней по объему, верхняя граница которой принята за плоскость».

Недостатком метода изолиний является прежде всего громоздкость графических построений. Особенно трудоемкими становятся построения для многокомпонентных месторождений. Например, для подсчета запасов некоторых полиметаллических месторождений Рудного Алтая пришлось бы строить 6 чертежей с системой изолиний для запасов руды, свинца, цинка, меди, золота и серебра. Вторым недостатком является сложность проверки подсчета, для чего требуется произвести полный

пересчет запасов. Наконец, способ изолиний ограничен в своем применении (только для месторождений крупных ненарушенных и детально разведанных тел). Он непригоден для подсчета запасов по данным предварительной разведки по редкой сети, так как при этом имеется слишком мало данных для построения изолиний путем интерполяции между далеко расположенными друг от друга выработками. Системы изолиний в этом случае не отражают формы тела и строение его дегалей. Кроме того, этот способ неприменим для небольших месторождений, например гнездовых, а также месторождений, разбитых сбросами и со слабо выраженным изменением мощности и равномерным распределением компонентов.

Подсчет запасов методом изолиний был одно время распространен на Урале. Этим методом были подсчитаны запасы железных руд горы Магнитной, ряда россыпных месторождений золота, угля Егоршинских и Челябинских копей, Троицко-Байновского месторождения огнеупорных глин, Хатшинского месторождения известняков и др. В настоящее время этот метод применяется очень редко.

### Метод статистический

При данном методе по результатам разведочных работ или эксплуатации месторождения определяют количество выхода полезного компонента на единицу площади или объема минерального сырья, называемого продуктивностью месторождения. Для подсчета запасов эту величину распространяют на всю продуктивную площадь или объем тела полезного ископаемого.

Метод часто применяют для ориентировочного определения запасов. Им пользуются также, как единственно возможным, для определения запасов полезных компонентов при крайне неравномерном их распределении (например, горного хрусталя, слюды, некоторых месторождений урана). Кроме того, статистическим методом подсчитывались запасы фосфоритов и железных руд пластовых месторождений; например, запасы железных руд Выксунского и Омутнинского месторождений. Наконец, этот метод применяется для оценки запасов крупных региональных территорий — районов, бассейнов — по данным выхода полезного ископаемого при отработке части их площади.

Статистический метод скорее можно рассматривать как метод определения запасов товарной части полезного компонента. Действительно, зная, например, общую площадь распространения сырой руды и выход ее с  $1 \text{ м}^2$ , можно подсчитать общие запасы фактически обогащенной руды или полезного компонента, которые могут быть получены после их извлечения. Но, кроме общих цифр запасов концентрата, для целей проектирования и эксплуатации месторождения необходимо знать и общие запасы минерального сырья, которые подлежат выемке и обогащению. Поэтому при статистическом методе, наряду с подсчетом запасов концентрата, подсчитываются запасы и общей массы минерального сырья. Например, при подсчете запасов Никопольского марганцевого месторождения, кроме сырой руды, подсчитывали запасы концентрата, получаемого при промывке.

### Метод графический

Графический метод подсчета запасов впервые был опубликован Г. И. Левиатовым [1936], позднее описан С. С. Изаксоном [1948]. Сущность метода сводится к определению объемов тел полезных ископаемых графическим методом в системе прямоугольных координат (рис. 234). Для этого по оси абсцисс откладываются значения площадей блоков, по оси ординат — величины мощностей тел полезных ископаемых в преде-

лах блоков. Интегрирование получаемых в системе координат площадей позволяет определить объем тела по сумме блоков.

Так же можно определить запасы руды и ценного компонента, откладывая по осям абсцисс и ординат соответствующие значения объемов и объемных весов или запасов руды и содержания компонентов.

За все время работы ВКЗ и ГКЗ случаев применения этого метода не было. Это объясняется тем, что графический метод имеет серьезные недостатки, уже описанные в литературе [Прокофьев, 1953]. Основным из них является полная оторванность этого метода от геологии: не предусматривается составление геологических разрезов и планов, подтверждающих правильность представления о геологическом строении месторождения; не дается указаний о пространственном распределении различных естественных типов и сортов минерального сырья, а результаты подсчета представляют отвлеченный график.

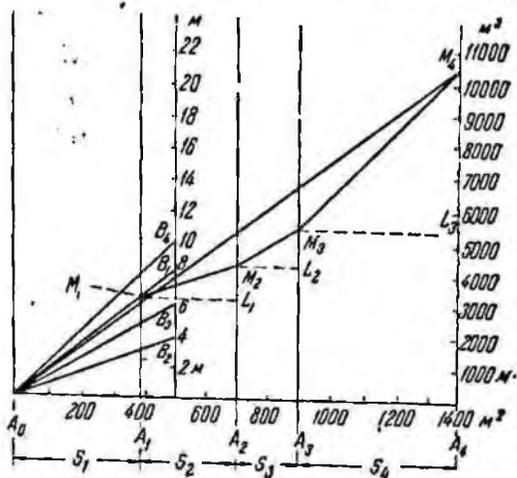


Рис. 234. Графический метод подсчета запасов  
 $S_1, S_2$  и т. д. — площади блоков;  $A_1 M_1, L_1 M_1, L_2 M_2$  и т. д. — объемы отдельных блоков;  $A_4 M_4, A_4 M_4, A_4 M_4$  — суммарный объем блоков

### Метод среднего угла падения

По С. С. Изаксону [1948] «Сущность метода среднего угла падения заключается в том, что запасы подсчитываются на основе площади пласта, измеренной по плану разведочных или горных работ, с использованием данных о среднем угле падения пласта, определяемом по разведочным и горноэксплуатационным выработкам». Согласно этому методу объем пласта равен произведению горизонтальной проекции площади на нормальную мощность пласта, деленную на  $\cos \alpha$ , где  $\alpha$  — угол падения пласта. Иначе говоря, в условиях, когда подсчет запасов производят на основании проекции пласта на горизонтальную плоскость, не совпадающую с плоскостью залегания пласта, необходимо вводить поправку на косинус угла между плоскостью проекции и фактической плоскостью залегания пласта. В практике подсчета запасов такая поправка вводится не только при проекции тела на горизонтальную плоскость, но и на вертикальную; она, например, вводится в подсчете запасов методом эксплуатационных блоков при крутом падении тела полезного ископаемого и проектировании его на вертикальную плоскость.

При изменчивом залегании тела полезного ископаемого величина поправки для каждого блока различна. Таким образом, указанная выше сущность метода не охватывает всех случаев подсчета запасов. Кроме того, когда тело полезного ископаемого или часть его проектируется на горизонтальную плоскость, а мощность определяется не истинная, а вертикальная, объем тела можно получить без применения поправки. Аналогично не требуется введения поправки в случае проектирования тела полезного ископаемого на вертикальную плоскость при замерах горизонтальной мощности. В практике указанной поправкой чаще корректируют не размер площади тела или отдельного блока, а значение мощности, что дает те же результаты.

Следовательно, поправку на угол между плоскостью проекции тела полезного ископаемого и плоскостью фактического его залегания практически применяют в нескольких методах подсчета запасов. Применение поправки является всего лишь способом определения истинной площади тела полезного ископаемого или мощности его. Выделение метода среднего угла падения как самостоятельного нельзя признать правильным.

### Метод средней образующей

Этот метод также предложен С. С. Изаконом [1948], определившим назначение метода в упрощении исчисления поверхности складчатых пластовых месторождений, для которых применение формулы Баумана связано с трудоемкой работой по определению площадей, ограниченных кривыми изогипс, и длин этих кривых.

Метод заключается в том, что план подсчета запасов с изогипсами пласта вычерчивается на восковке и накладывается на миллиметровую бумагу так, чтобы направление среднего простираения пласта совпало с горизонтальной линией миллиметровки. Пользуясь специальной рамочкой по заложениям между соседними изогипсами в направлении вертикальных линий миллиметровки, можно графически определить значения длин, образующих поверхности пласта.

$$r_i = \sqrt{h^2 + b_i^2}, \quad (157)$$

где  $h$  — интервал сечения горизонталей;

$b_i$  — длины заложений между соседними горизонталями.

Заложения  $b_i$  берутся на одинаковых расстояниях друг от друга, равных  $a$ . Для отсчета  $r_i$  величины  $b_i$ , взятые циркулем с плана, откладываются на одной горизонтальной прямой номограммы. Поверхность пласта определяется по формуле.

$$S = a \sum r_i. \quad (158)$$

Следовательно, этот метод состоит в упрощении одной из операций подсчета запасов, в частности, определения площади, что не может служить основанием для выделения его как самостоятельного метода подсчета.

### Метод объемной палетки Соболевского

Этот метод был предложен П. К. Соболевским для определения площадей и, позднее, для подсчета запасов по методу изолиний. Данный способ измерения площадей широко применяется при подсчете запасов методами эксплуатационных блоков, геологических блоков, разрезов и др., поэтому выделять его как самостоятельный нельзя.

### Метод косинусов

Метод косинусов был предложен С. А. Подъяконовым [1928] для подсчета россыпных месторождений. Сущность его в том, что в случаях неперпендикулярного расположения разведочного профиля к оси россыпи истинную среднюю ширину участка, освещенную разведочной линией, следует вычислять математически — путем исправления на косинус угла между разведочной линией и нормалью к оси россыпи. Таким образом, этот метод применяют только для уточнения ширины разведочного сечения.

## Метод геоморфологический

Метод предложен П. Н. Шаныгиным [1933] для подсчета запасов россыпных месторождений. Сущность его заключается в том, что контуры подсчетных блоков проводятся с учетом геоморфологии россыпи. Следовательно, данный метод следует применять только для оконтуривания россыпи, а не как метод подсчета запасов.

То же самое относится к методу Прокопьева [1931], являющегося разновидностью геоморфологического и предусматривающего необходимость определения контуров подсчетных блоков с учетом направления струйчатости в россыпях.

Почти при любом из методов подсчета запасов тело полезного ископаемого разбивается на отдельные блоки для определения общего объема минерального сырья; с этой точки зрения почти все методы могут быть названы методами блоков. Например, при подсчете запасов методом треугольников тело полезного ископаемого расчленяется на блоки в форме трехгранных призм, при использовании метода ближайших районов — в форме многоугольных призм и т. д. Метод среднего арифметического может рассматриваться как частный случай, когда блоком является все тело полезного ископаемого.

Принципы, положенные в основу расчленения тела полезного ископаемого на блоки, различны для различных методов подсчета запасов и в ряде случаев являются чисто формальными, не учитывающими геологических особенностей месторождений и распределения полезных компонентов в теле полезного ископаемого. Это положение относится прежде всего к методам многоугольников, треугольников, четырехугольников и некоторым другим.

В целях рационализации методики подсчета запасов можно рекомендовать только те методы, которые наряду с простотой и ясностью дают возможность учитывать и отражать геологические особенности месторождений и распределение полезных компонентов в теле полезного ископаемого. Таковыми в первую очередь являются следующие:

1. Метод разрезов, при котором тело полезного ископаемого расчленяется на блоки, опирающиеся на геологические разрезы. Следует различать разновидности этого метода: а) параллельных вертикальных разрезов или сечений; б) горизонтальных сечений; в) непараллельных сечений.

2. Метод эксплуатационных блоков, при котором тело полезного ископаемого расчленяется на блоки, опирающиеся, как правило, на эксплуатационно-подготовительные и разведочные горные выработки.

3. Метод геологических блоков, включая все случаи, когда тело полезного ископаемого при подсчете запасов расчленяется на отдельные блоки по определенным геологическим или горнотехническим признакам.

## Комбинированные методы

Иногда подсчет запасов осуществляется не одним методом, а комбинацией нескольких. Комбинирование может быть двояким: 1) для подсчета запасов части месторождения или всего месторождения в целом применяется комбинация двух методов; 2) разные части одного и того же месторождения подсчитываются разными методами.

Комбинация двух методов для месторождения в целом или одной и той же части его осуществляется обычно таким образом, что месторождение расчленяется на подсчетные блоки по одному из методов, а подсчет запасов в пределах блоков осуществляется другим. Делается

это чаще всего для удобства использования результатов подсчета запасов при проектировании разработки и планировании добычи на месторождении или в целях достижения повышенной точности подсчета. Наиболее часто комбинируется с другими метод разрезом. В этом случае месторождение расчленяют разрезами на части, в пределах которых подсчет запасов в блоках, между разрезами или в плоскости которых осуществляется другим методом. Путем комбинации метода сечения, с методом многоугольников подсчитывались запасы медного месторождения Коунрад. Горизонтальные сечения проводились на уровне будущих эксплуатационных уступов, в пределах которых запасы подсчитывались по методу многоугольников. Комбинируя метод разрезом с методом изолиний, построенных в плоскостях разрезом, подсчитывались запасы медного месторождения Блява, полиметаллического месторождения Актюз и др. Комбинацией метода разрезом, проводимых в плоскостях горизонтов горных работ с методом геологических блоков, отстраиваемых в плоскости разрезом на каждом горизонте, были подсчитаны запасы полиметаллического Каданского рудника.

Комбинировать между собой можно не все методы, в частности метод изогипс с другими методами комбинировать невозможно. Комбинация методов для одного и того же месторождения осуществляется в случаях, когда отдельные части месторождения имеют разную форму и элементы залегания, или когда разведка их осуществлена разной системой разведочных работ. Например, на Норильском медно-никелевом месторождении запасы богатых руд в жилах определялись методом эксплуатационных блоков, а запасы широких площадей убогих вкрапленных руд — по методу многоугольников. Чаще прибегают к подсчету запасов разными методами в связи с различным характером разведанности отдельных частей месторождения. Так, в верхних частях крутопадающих залежей, разведанных горными работами, запасы определяют одним методом (эксплуатационных блоков, горизонтальных разрезом или другим), а в нижних частях, разведанных колонковым бурением, — другим (геологических блоков, вертикальных разрезом или другими).

Следует считать целесообразным комбинирование методов подсчета запасов с целью получения материалов, необходимых для проектирования разработки месторождения, или в связи с различным строением и характером разведки отдельных частей месторождения.

Применение комбинированных методов с целью повышения точности подсчета запасов не всегда целесообразно, так как точность не зависит от способа подсчета. Не всегда также можно согласиться с геологами, применяющими комбинированные методы подсчета запасов для целей контроля подсчета. В этом случае подсчет запасов всего месторождения одной и той же части его осуществляется разными способами. Вывод о точности подсчета при сопоставлении конечных цифр подсчетов по разным методам является неправильным, так как вычислительные операции по одним и тем же исходным параметрам, произведенные разными способами, должны дать близко совпадающие конечные результаты. Эти результаты не отражают точности учетных запасов, а лишь указывают на то, что в процессе подсчета запасов не было допущено грубых графических и аналитических просчетов.

**Зависимость рациональных методов подсчета запасов от систем разведочных работ и группировка месторождений по системам разведки, определяющим выбор методов подсчета**

Возможность применения того или иного способа подсчета запасов зависит от метода разведочных работ и от степени разведанности месторождения. Условия залегания тела полезного ископаемого, его форма

и размеры прежде всего влияют на выбор метода разведки и через него на выбор метода подсчета запасов. Характер распределения полезных или вредных компонентов в теле полезного ископаемого, минералогический состав и физические свойства сырья также оказывают большое влияние на методы разведки и опробования и через них на выбор способа определения и метод подсчета средних содержаний компонентов.

Метод разведочных работ определяется в основном расположением разведочных выработок или скважин. Тип разведочных выработок почти не оказывает влияния на выбор метода подсчета запасов. Подсчетные профили могут быть составлены по данным шурфовых работ, а также по данным колонкового и ударного бурения; погоризонтные подсчетные планы составляются по данным ортов и данным горизонтального подземного бурения.

Расположение же разведочных выработок и буровых скважин в максимальной степени обуславливает выбор и возможность использования того или иного способа подсчета запасов. С этой точки зрения все методы разведочных работ могут быть разбиты на следующие основные группы:

1. Разведочные выработки пересекают тело полезного ископаемого через определенные интервалы по мощности и расположены на разведочных профилях, расстояния между которыми значительно превышают расстояния между выработками на профилях. Такое расположение дает возможность построить геологические и подсчетные резервы, пересекающие тело полезного ископаемого в одном направлении. Так разведываются пласты, линзы, пластообразные и плащеобразные тела, жилы, россыпи и другие тела, которые в пространстве имеют одно короткое измерение (мощность) и два длинных, причем чаще одно из последних и тело полезного ископаемого в плане или в плоскости падения имеет вытянутую форму.

Наиболее целесообразно подсчитывать запасы в этих условиях методом разрезов.

2. Разведочные выработки пересекают тело полезного ископаемого по мощности через определенные интервалы и расположены по определенной сетке (квадратной, прямоугольной, треугольной, ромбической). Подобное расположение выработок дает возможность построить равноточные геологические и подсчетные разрезы в двух и более направлениях. Такой системой разведываются пласты, линзы, плащеобразные и пластообразные тела, жилы, россыпи и другие тела, которые в пространстве имеют одно короткое измерение (мощность) и два длинных, причем чаще оба последние измерения равновелики, и тело полезного ископаемого в плане или в плоскости падения имеет форму, близкую к изометрической.

Подсчет запасов в этих условиях может быть осуществлен методами разрезов и геологических блоков. При большом количестве выработок рекомендуется метод геологических блоков с обязательным составлением наиболее характерных геологических разрезов в нескольких направлениях для иллюстрации строения тела полезного ископаемого.

3. Разведочные горные выработки непрерывно прослеживают тело полезного ископаемого как по простиранию, так и по падению, при этом мощность тела полностью вскрывается горными выработками. Чаще всего этим способом разведывают крутопадающие пластообразные тела и жилы, причем разведочные горные выработки разрезают тело на блоки и являются одновременно эксплуатационно-подготовительными выработками.

Подсчет запасов производится как правило методом эксплуатационных блоков.

4 Разведочные горные выработки непрерывно прослеживают тело полезного ископаемого в одном или нескольких направлениях, при этом мощность тела и его контур вскрываются и прослеживаются специальными ортами или скважинами подземного бурения. Так разведывают жилы тела значительной мощности, оруденелые зоны, крутопадающие линзы, мощные пластообразные тела и др.

Разведочные выработки могут быть одновременно эксплуатационно-подготовительными, и тогда запасы подсчитываются методом эксплуатационных блоков. Чаще разведочными работами освещаются только определенные горизонты тела полезного ископаемого без нарезки на блоки, тогда подсчет запасов осуществляется методом горизонтальных разрезов.

5. Комбинированные системы разведки обычно требуют и комбинирования методов подсчета запасов. Если, например, верхние горизонты тела полезного ископаемого разведаны горными выработками, то запасы этой части можно подсчитать методом эксплуатационных блоков; нижние горизонты, разведанные скважинами, в зависимости от расположения последних могут быть подсчитаны методом разрезов либо методом геологических блоков.

Кратко рассмотрев зависимость методов подсчета запасов от расположения разведочных выработок, можно сделать вывод, что каждому из основных методов подсчета соответствуют те или иные приемы разведки: методу разрезов — разведка месторождений вертикальными профилями, горизонтальными разрезами и отчасти сеткой; методу эксплуатационных блоков — разведка, при которой тело расчленяется на эксплуатационно-подготовительные блоки; методу геологических блоков соответствует расположение выработок по сетке.

Как известно, выбор системы разведки и квалификации запасов зависит от ряда природных факторов, характеризующих месторождения полезных ископаемых (устойчивость качественной характеристики минерального сырья, устойчивость морфологии, элементов залегания и размеров тел полезных ископаемых и пр.). В соответствии с этим разными специалистами в разное время предлагались группировки месторождений с разделением их на типы, требующие сходных приемов разведки и близкой плотности разведочной сети для одинаковых категорий запасов. Такая классификация по типам рудных месторождений, сыгравшая положительную роль в рационализации методики их разведки, в 1940 г. была предложена В. М. Крейтером.

Позднее по аналогичному принципу были сгруппированы и описаны в инструкциях ВКЗ месторождения нерудных и твердых горючих полезных ископаемых. В настоящее время действует подобного рода группировка рудных, нерудных и горючих полезных ископаемых, изложенная в Положении о порядке передачи разведанных месторождений для промышленного освоения. Используя данные всех этих классификаций, А. П. Прокофьев [1952] разделял месторождения на четыре группы с точки зрения возможности применения основных методов подсчета запасов.

Первая группа — месторождения, которые могут быть разведаны до высших категорий бурением без применения горных работ. Буровые скважины можно располагать по разведочным линиям или по сетке. В первом случае запасы целесообразнее подсчитывать методом разрезов, во втором — методами разрезов и геологических блоков.

Вторая группа — месторождения, которые могут быть разведаны до высоких категорий комбинацией буровых работ с горными, причем основная роль в разведке принадлежит буровым работам. Разведочные скважины и выработки обычно располагаются: по разведочным линиям, по сетке, по определенным горизонтам без нарезки эксплуа-

тационно-подготовительных блоков, по определенным горизонтам, с нарезкой эксплуатационно-подготовительных блоков. Для подсчета запасов в первых трех случаях можно применить метод разрезов. Кроме того, во втором и третьем случаях применим метод геологических блоков, в последнем — эксплуатационных блоков.

Третья группа — месторождения, которые могут быть разведаны до высоких категорий только горными работами. Если последние прослеживают тело полезного ископаемого по простираанию и падению, то при условии вскрытия выработками полной мощности разведочные работы, как правило, являются одновременно эксплуатационно-подготовительными и нарезают тело на блоки. Если же тело полезного ископаемого прослеживается без вскрытия полной мощности, то для этого требуется проходка специальных горных выработок (ортов, рассечек) или применение подземного бурения. В первом случае подсчет запасов осуществляется методом эксплуатационных блоков, во втором — методом сечений или, реже, геологических блоков.

Часто глубокие горизонты тел этой группы месторождений разведываются до низких категорий буровыми скважинами. В этом случае метод подсчета запасов нижних горизонтов определяется расположением скважин; в частности, при расположении скважин профилями целесообразно подсчитывать запасы методом разрезов, а при расположении по сетке — как методом разрезов, так и геологических блоков.

Четвертая группа — месторождения, которые обычно разведываются только горными выработками, располагающимися по определенным горизонтам, что обуславливает применение для подсчета запасов метода разрезов или реже геологических блоков, а при нарезке эксплуатационно-подготовительных блоков — метода эксплуатационных блоков. Для месторождений ценного минерального сырья со спорадическим распределением полезного компонента применяется статистический метод.

Возможность применения тех или иных методов подсчета запасов в зависимости от принадлежности месторождений к той или иной группе иллюстрирована табл. 44.

Как видно из табл. 44, наиболее универсальным является метод разрезов, которым могут быть подсчитаны запасы месторождения любой из четырех групп. Обязательным условием возможности применения этого метода является расположение разведочных выработок по определенным разведочным линиям (профилям) или горизонтам, дающее возможность построить геологические и подсчетные разрезы.

Для всех четырех групп месторождений может быть применен также метод геологических блоков. Его можно использовать как при геометрически закономерном, так и при не закономерном распределении разведочных выработок.

Метод эксплуатационных блоков применим для подсчета запасов второй, третьей и частично четвертой групп месторождений, разведанных горными выработками, вскрывающими месторождения с одновременной нарезкой эксплуатационно-подготовительных блоков.

Приведенные в табл. 44 методы подсчета запасов могут, в общем, обеспечить подсчет запасов различных месторождений почти для всех методов разведки. Однако эта таблица определяет лишь основу подхода к выбору метода подсчета запасов, от которой могут быть отклонения, определяемые конкретными условиями геологического строения месторождения, системой его разведки и специальными задачами подсчета запасов, вынуждающими в отдельных случаях применять и другие методы подсчета.

Таблица 44

Применение наиболее распространенных методов подсчета запасов  
в зависимости от группы месторождений

Группа месторождений	Типы разведочных работ	Метод подсчета запасов			
		разрезов	геологических блоков	эксплуатационных блоков	статистический
I	Разведка буровыми скважинами:				
	а) по линиям б) по сетке	+	-	-	-
II	Разведка буровыми скважинами:				
	а) по линиям б) по сетке	+	-	-	-
III	Разведка горными выработками на определенных горизонтах:				
	в) без нарезки эксплуатационно-подготовительных блоков	+	+	-	-
	г) с нарезкой таковых	-	-	+	-
	Разведка горными выработками на определенных горизонтах:				
	а) без нарезки эксплуатационно-подготовительных блоков б) с нарезкой таковых	+	+	-	-
IV	Разведка буровыми скважинами:				
	в) по линиям г) по сетке	+	-	-	-
	Разведка буровыми скважинами:				
	а) по линиям б) по сетке	+	+	-	-
	Разведка горными выработками:				
а) без нарезки эксплуатационно-подготовительных блоков б) с нарезкой таковых	+	+	-	+	

#### Точность подсчета запасов твердых полезных ископаемых и поправочные коэффициенты

Всякий подсчет запасов производится с той или иной точностью, которая зависит, прежде всего, от сложности геологического строения месторождения, детальности его разведки и, кроме того, от точности определения основных параметров, входящих в подсчет. Точности подсчета уделено много внимания в специальной литературе. Например, В. М. Крейтер [1940], К. Л. Пожарицкий [1940], В. И. Смирнов [1950, 1954] и ряд других авторов делят все погрешности, возникающие при подсчете запасов, на три основные группы:

1) погрешности геологические (ошибки аналогии), связанные с распространением фактических данных, полученных при разведке по отдельным выработкам и скважинам (результатов опробования, данных о мощностях и др.), на близлежащие участки;

2) технические погрешности, связанные с техникой замеров и определения исходных параметров для подсчета запасов, к которым относятся точность замеров мощности, химических анализов, определяющих содержание полезных компонентов, точность определения объемного веса, замеров площадей и др.;

3) погрешности, связанные с применением различных методов подсчета запасов.

В литературе достаточно подробно освещены последние две группы погрешностей, первая же (геологические погрешности) освещается недостаточно, а между тем именно с ней связаны максимальные ошибки в подсчете запасов.

По И. В. Васильеву [1929], величина погрешности, зависящая от распространения показателей (мощности, удельного веса и содержания) отдельных разведочных выработок на весь подсчитываемый объем полезного ископаемого является более значительной, чем технические погрешности. «Однако более или менее точные данные об этой величине привести трудно».

Более конкретные указания, основанные на экспериментальных данных, дает Д. А. Казаковский [1948]: «когда число скважин не менее 20, ошибки аналогии не выходят за пределы 10%, и дальнейшая детализация разведки необходима не столько с точки зрения повышения точности подсчета кубатуры залежи, сколько с точки зрения уточнения ее структуры и других данных».

Суммируя имеющиеся данные, можно сказать, что геологическая погрешность при подсчете запасов высоких категорий А и В может достигать до  $\pm 10-15\%$ . В отдельных случаях, особенно при неправильном понимании геологического строения месторождения и крупных ошибках в определении параметров для подсчета запасов, она может быть и выше, что не должно допускаться в практике геологоразведочных работ.

Технические ошибки, связанные с подсчетом запасов, сводятся в основном к следующим:

1. Ошибка определения объемного веса, которая по данным И. С. Васильева [1929], инструкции ГГРУ [1931] и другим источникам достигает 5% и оценивается А. А. Кренигом, А. А. Розиным и К. Л. Пожарицким [1940] в 10%.

2. Погрешность замеров площадей на планах большинства авторов определяется в 2—3%.

3. Маркшейдерская погрешность составления планов, которая оказывает влияние на точность замеров площадей и расстояний между выработками и находится в пределах 0,5—1,0%.

4. Погрешность замеров мощностей по данным И. С. Васильева [1929], Д. А. Казаковского [1948] и др. определяется в 2—3%. А. А. Крениг и др. [1940] указывают на возможные погрешности замеров мощностей жил от 2 до 10%, а по скважинам до 20—30%. При этом максимальные ошибки обычно относятся к маломощным телам, тогда как для мощных залежей относительные погрешности всегда будут меньше.

5. Допустимые средние случайные погрешности химических анализов руд черных, цветных и редких металлов согласно действующим инструкциям при применении классификации запасов твердых полезных ископаемых колеблются в пределах от 1 до 20%, а в некоторых случаях, например для ртути и ванадия при их низком содержании в руде, достигают 30%. Максимальные погрешности обычно относятся к рудам с низким содержанием полезного компонента, для богатых руд относительная погрешность химических анализов всегда будет меньше.

Как геологические, так и технические погрешности могут быть случайными и систематическими.

Случайные погрешности, обладая противоположными знаками, могут в различной степени взаимно погашать друг друга и не оказывать серьезного влияния на конечные результаты подсчета запасов. Вероятность получения резко преобладающего количества случайных погрешностей с одним знаком весьма незначительна.

Систематические погрешности, обладая одним знаком, оказывают одностороннее влияние на результаты подсчета и искажают их. Нали-



Коэффициент рудоносности определяется несколькими способами в зависимости от объема проведенных разведочных и эксплуатационных работ. Чаще всего он вычисляется как линейное отношение суммы рудных участков (по горным выработкам) к общей протяженности горных выработок в пределах рудной зоны по формуле

$$K_p = \frac{\sum l_p}{L}, \quad (159)$$

где  $K_p$  — коэффициент рудоносности;  
 $\sum l_p$  — суммарная протяженность рудных интервалов по выработкам;  
 $L$  — общая протяженность выработок в пределах рудной зоны.

Замер участков обычно производится графически на планах опробования (рис. 235) или по описаниям выработок. Аналогичные замеры могут быть сделаны на основании данных буровых работ.

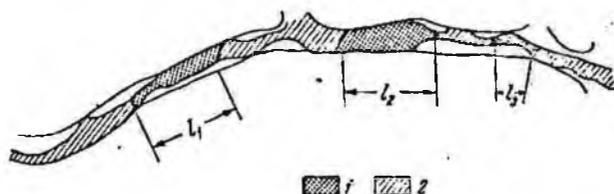


Рис. 235. Линейное определение коэффициента рудоносности  
 1 — участки промышленной руды; 2 — безрудные участки

Более надежно коэффициент рудоносности определяется по данным очистных работ путем сопоставления площадей отработанных участков со всей площадью блока на проекции (рис. 236). В этих случаях он является отношением продуктивной площади отработанной части рудного тела ( $S_0$ ), которая замеряется планиметром, к общей площади всего тела ( $S$ ), определенной по той же проекции, т. е.

$$K_p = \frac{S_0}{S}. \quad (160)$$

Наконец,  $K_p$  может быть вычислен как отношение объема отработанной части блока или участка ( $V_0$ ) к общему объему того же блока или участка ( $V$ ), т. е.

$$K_p = \frac{V_0}{V}. \quad (161)$$

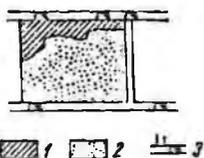


Рис. 236. Площадное определение коэффициента рудоносности  
 1 — безрудный участок; 2 — отработанная рудная часть; 3 — выработки

Последний способ дает наиболее точное значение коэффициента, но применяется редко, так как требуется полный обмер отработанных участков и нужны точные данные эксплуатации о количестве полученной руды.

Коэффициент рудоносности всегда меньше единицы; практически он чаще всего равен 0,9—0,7, но в отдельных случаях снижается до 0,3 и меньше. Возможность промышленного использования руд на месторождениях с низким коэффициентом обуславливается ценностью полезного компонента и для каждого месторождения устанавливается специальными экономическими расчетами.

Указанными способами можно определять коэффициент рудоносности как для месторождения в целом, так и для каждого подсчетного блока отдельно. При этом величина коэффициента для отдельных бло-

ков может значительно отличаться от среднего его значения, вычисленного для месторождения в целом. Поэтому существенное значение имеет вопрос о том, какой из коэффициентов (для отдельного блока или для месторождения в целом) наиболее правильно отражает действительные запасы и их распределение на месторождении.

Как отмечено выше, поправочный коэффициент рудоносности применяется в основном при гнездовом типе оруденения. В этом случае подсчет запасов рудных зон для высоких категорий обычно осуществляется методом эксплуатационных блоков и может производиться тремя способами:

- 1) подсчитываются запасы всей рудной массы и металла в ней, участки балансовых руд (гнезда) не выделяются;
- 2) запасы кондиционной (балансовой) руды и металла в ней подсчитываются путем введения для каждого блока коэффициента рудоносности — среднего по всей рудной зоне;
- 3) запасы кондиционной (балансовой) руды и металла подсчитываются путем введения коэффициента рудоносности, вычисленного по каждому блоку отдельно.

Для выявления наиболее правильного подхода к определению запасов рудных зон с гнездообразным типом оруденения А. П. Прокофьевым [1949] были пересчитаны запасы одного из типичных месторождений тремя указанными способами. Из сравнения полученных результатов вытекает, что при нормальной величине блоков подсчет запасов рудных зон с гнездовым распределением полезного ископаемого, произведенный путем введения в запасы каждого блока коэффициента рудоносности, вычисленного для данной зоны в целом, наиболее точно отражает действительные запасы руды.

Этот вывод относится только к месторождениям, на которых отсутствуют какие-либо закономерности распределения гнезд или содержаний полезных компонентов. При наличии таких закономерностей (например, зональности или снижения содержаний с глубиной) последние учитываются и коэффициент рудоносности вычисляется для участков или горизонтов, однородных по характеру оруденения.

*Поправочный коэффициент на валунистость или каменность.* Коэффициент валунистости, как его иногда называют, коэффициент каменности, применяется обычно при определении средних содержаний полезных компонентов на россыпных месторождениях и является отношением объема крупных валунов, извлеченных при углубке шурфа на определенном интервале опробования и не подвергавшихся промывке, к общему объему породы на том же интервале.

Объем валунов обычно определяют путем выкладки их в плотные кучи и обмера рулеткой. Общий объем породы вычисляется замером фактического сечения шурфа и углубки его (т. е. интервала опробования).

Математически коэффициент валунистости выражается зависимостью

$$K_v = \frac{V_1}{V_2} 100, \quad (162)$$

где  $K_v$  — коэффициент валунистости (или каменности), %;

$V_1$  — объем валунов на данном интервале опробования, м<sup>3</sup>;

$V_2$  — общий объем породы на данном интервале опробования, м<sup>3</sup>.

Среднее содержание полезного компонента с учетом валунистости (каменности) пересчитывается по формуле

$$C_s = \frac{C \cdot 100 - K_v C}{100}, \quad (163)$$

где  $C_k$  — среднее содержание полезного компонента с учетом валунистости (каменистости);

$C_n$  — среднее содержание полезного компонента в промытой породе;

$K_k$  — коэффициент валунистости (каменистости).

*Поправочный коэффициент на закарстованность.* Этот коэффициент определяется отношением площадей закарстованных участков к общей площади месторождения. На бокситовых месторождениях Северного Урала, например, он составляет 0,8—0,9.

*Поправочный коэффициент на безрудные дайки.* Величина этого коэффициента определяется на основании геологических планов или разрезов отношением площадей сечений даек к общей площади месторождений или участка его.

Он применяется, например, для отдельных участков Магнитогорского железорудного месторождения и составляет 0,9—0,95; на Марсятском марганцевом месторождении величина коэффициента равна 0,94.

*Поправочный коэффициент на систематическое искривление скважин.* Применяется на некоторых месторождениях, разведываемых глубокими буровыми скважинами, при проходке которых наблюдаются систематические искривления. Это приводит к завышению истинных мощностей тел полезных ископаемых, пересекаемых скважинами.

Поправочный коэффициент определяется на основании ряда замеров азимутальных и зенитных искривлений скважин специальными аппаратами (Полякова и др.) и в отдельных случаях контролируется фактическими данными при отработке месторождения. Величина его будет неодинаковой для различных интервалов глубины бурения, а также для различных углов наклона скважин. Поэтому вычисление поправочного коэффициента лучше производить, например, на каждые 25—50 м углубки, как отношение фактического наклона скважин к заданному (или соответственно — фактического азимутального направления к заданному).

*Поправочный коэффициент на льдистость.* Иногда применяется на россыпных месторождениях, находящихся в условиях вечной мерзлоты, когда среди рыхлых отложений встречаются прослой льда, оказывающие существенное влияние на определение объемов продуктивных песков. Поправочный коэффициент определяется для каждой выработки отдельно как отношение объема глыб льда, полученного при проходке шурфа, к общему объему данного шурфа; на зарисовках стенок шурфа — как отношение площади, занятой прослоями и линзами льда, к общей площади песков.

*Поправочный коэффициент на уточнение замеров мощностей при разведке бурением.* При разведке месторождения бурением, в некоторых случаях буровые скважины дают систематическое занижение мощности тела полезного ископаемого. Такое занижение может иметь место, например, при разведке фосфоритов, отличающихся отсутствием четких границ продуктивного пласта (рис. 237), угольных месторождений, где погрешности в определении мощности иногда достигают 50%, а также в некоторых рудных месторождениях, где возможен полный пропуск тонких жил и др.

Для уточнения данных бурения и определения величины поправочного коэффициента проходят специальные контрольные шурфы, в которых производят замеры мощности тела полезного ископаемого. Количество шурфов и замеров должно быть достаточным для надежного вычисления поправочного коэффициента. В ряде случаев, описанных

в первой части этой книги, мощность тела полезного ископаемого может быть исправлена по данным каротажа.

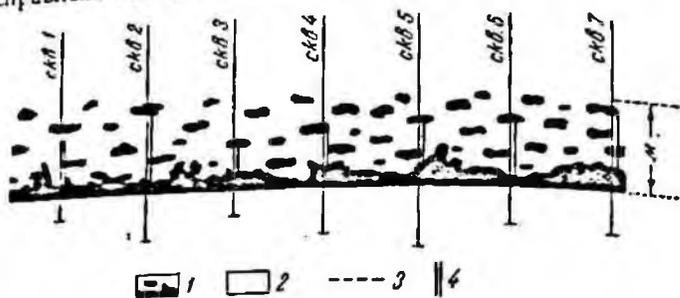


Рис. 237. Схематический разрез пласта фосфоритов  
1 — фосфориты; 2 — высшие порозы; 3 — действительная мощность пласта (M);  
4 — мощности пласта по замерам в скважинах

Величина поправочного коэффициента вычисляется по формуле  
где

$$K_m = \frac{m_k}{m_b}, \quad (164)$$

где  $K_m$  — поправочный коэффициент на мощность, определенную по данным бурения;  
 $m_k$  — мощность тела полезного ископаемого по контрольным замерам;  
 $m_b$  — мощность тела полезного ископаемого по данным буровых скважин.

**Поправочный коэффициент на разрыхление.** Поправочный коэффициент на разрыхление обычно применяется на россыпных месторождениях, когда фактическое содержание полезного компонента в пробах вычисляется для разрыхленной массы определенного объема (например, одной ендовки или  $1 \text{ м}^3$ ), а при подсчете запасов необходимо знать содержание компонента в плотной массе (в целике). Коэффициент разрыхления определяется экспериментально и является отношением объема разрыхленной породы, извлеченной из выработки и постулившей на промывку, к объему той же породы в недрах, т. е. в целике.

Объем промытой породы обычно определяется мерными сосудами (ендовкой, ведрами и др.), а объем в целике — путем замеров фактического сечения выработок и углубки (интервала опробования). Математически зависимость между объемами может быть выражена

$$K_{\text{раз}} = \frac{V_n}{V_ч}, \quad (165)$$

где  $K_{\text{раз}}$  — коэффициент разрыхления;  
 $V_n$  — объем промытой породы,  $\text{м}^3$ ;  
 $V_ч$  — объем той же породы в целике,  $\text{м}^3$ .

С учетом поправочного коэффициента среднее содержание полезного компонента в плотной массе (в целике) можно рассчитать по формуле

$$C_ч = C_{\text{раз}} K_{\text{раз}}, \quad (166)$$

где  $C_ч$  — содержание полезного компонента в целике;  
 $C_{\text{раз}}$  — содержание полезного компонента в разрыхленной массе.

**Поправочный коэффициент на намыв.** Применяется на ряде россыпных месторождений золота, платины, касситерита и других полезных ископаемых; обычно равен 1,2—1,5, но в некоторых случаях может достигать и больших величин. Например, на одной из золотоносных россыпей этот коэффициент достиг 2,08.

Величина поправочного коэффициента определяется отношением количества фактически добытого металла (или минерала) на участке месторождения к количеству металла, исчисляемому по данным разведки на том же участке.

Применение коэффициента намыва связано с тем, что фактические данные отработки россыпей в большинстве случаев показывают более высокое содержание полезного компонента по сравнению с данными разведочных работ. Причины этих расхождений полностью не вскрыты, но можно предполагать, что систематическая ошибка кроется в недостаточной точности опробования, в неправильности усреднения проб, показавших высокое содержание полезного компонента (ураганных проб), и в недоучете самородков.

**Поправочный коэффициент на неточность опробования при разведке бурением.** В условиях разведки месторождения буровыми скважинами данные опробования не всегда отражают действительные значения содержания полезных компонентов. Такое положение наблюдается, например, при избирательном истирании или выкрашивании керна, на основании анализа которого определяются эти содержания. Возможны два случая: 1) истирается или выкрашивается часть керна, содержащая полезный компонент, что приводит к занижению содержаний его; 2) истирается или выкрашивается часть керна, не содержащая полезного компонента, что приводит к завышению содержаний его.

Кроме того, неправильное определение содержаний полезных компонентов по керну может быть вызвано потерей мути (мелкой фракции) при желонении, что наблюдается на некоторых золотоносных россыпях, разведываемых станками типа Эмпайр. Наличие систематической ошибки устанавливается специальными анализами шлама, проверкой смывных вод или другими путями.

Для определения величины поправочного коэффициента в большинстве случаев на месте проверяемых скважин проходят специальные сопряженные контрольные горные выработки (шурфы), опробование которых дает возможность наиболее точно установить абсолютную и относительную величину ошибки. В ряде случаев можно использовать данные анализов шлама или переопробование скважины специальными пробоотборниками.

В целях сопоставления результатов контрольного опробования с данными основных проб необходимо обрабатывать пробы по одинаковой схеме. Анализ основных и контрольных проб должен производиться по двум параллельным зашифрованным навескам в одной и той же лаборатории и, по возможности, одним и тем же аналитиком.

Поправочный коэффициент, на который следует умножать полученные при бурении данные, определяется из отношения

$$K_{но} = \frac{C_k}{C_o}, \quad (167)$$

где  $K_{но}$  — поправочный коэффициент на неточность опробования;  
 $C_k$  — среднее содержание компонента по данным контрольных анализов;

$C_o$  — то же по основным анализам.

Величина коэффициента практически колеблется в пределах от 0,8 до 1,4.

Необходимо проверять возможность распространения среднего поправочного коэффициента на данные всей россыпи, так как величина поправочного коэффициента зависит, особенно при разведке россыпей, от содержания полезного компонента; для скважин с низким содержанием поправочный коэффициент может резко отличаться от такового для скважины с высоким содержанием.

*Поправочный коэффициент на неточность химических анализов.* При выявлении систематической ошибки в работе основной лаборатории для уточнения содержания полезного компонента иногда приходится вводить поправочный коэффициент, определяемый по формуле (35), приведенной в I части.

Практическое применение этого коэффициента допускается редко, и величина его колеблется от 0,8 до 1,6.

Определение величины поправочного коэффициента и его применение для различных содержаний полезного компонента необходимо проводить раздельно. Так, например, на одном из оловорудных месторождений, в связи с допущенной ошибкой в методике химических анализов были применены следующие коэффициенты:

для проб с содержанием олова	до 0,10%	—1,60
• • • • •	от 0,11 • 0,50	—1,43
• • • • •	• 0,51 • 1,50	—1,23
• • • • •	свыше 1,51	—1,04

Рекомендуется для определения среднего поправочного коэффициента ( $K_a$ ) пользоваться формулой

$$K_a = \frac{\sum K_i h_i}{\sum h_i}, \quad (168)$$

где  $K_i$  — классовый поправочный коэффициент;

$h_i$  — удельный вес класса содержания в генеральной совокупности рядовых анализов.

*Поправочный коэффициент на неточность метода опробования.* Поправочный коэффициент, связанный с методом опробования, может быть получен при контроле простых, массовых методов пробоотбора более сложными и точными. Например, регулярное опробование одного оловорудного месторождения производилось бороздовым способом. Контроль значительным количеством валовых проб показал, что бороздовое опробование дает некоторое занижение среднего содержания золота в руде. Так как переопробовать все месторождение валовым способом невозможно, то в среднее содержание золота по всему месторождению в целом был введен поправочный коэффициент

$$K = \frac{C_a}{C_b}, \quad (169)$$

где  $K$  — поправочный коэффициент;

$C_a$  — среднее содержание компонента по данным валового опробования;

$C_b$  — то же по данным бороздового опробования.

Используют два способа применения поправочных коэффициентов на намыв, неточность опробования при разведке бурением, неточность химических анализов и неточность метода определения содержания полезного компонента: а) умножают на величину поправочного коэффициента результаты подсчета запасов по отдельным блокам или по месторождению в целом после оконтуривания подсчетных блоков; б) умно-

жают на величину того же коэффициента результаты опробования каждой выработки до оконтуривания блоков и подсчета запасов. Второй способ наиболее правильный, так как при этом учитываются пробы и выработки, показавшие, в связи с неточностью определений, заниженные или завышенные содержания, которые корректируются коэффициентом. Применение первого способа часто приводит к недоучету части кондиционных участков, на которые поправочный коэффициент своевременно не распространяется, и запасы их незаслуженно относятся к группе забалансовых.

Кроме описанных выше поправочных коэффициентов, иногда применяют, например, коэффициенты на потери мелкого золота, загрязненность шлихов другими минералами (при подсчете запасов россыпей), частичную отработку подсчетных блоков и др.

Применение большого количества поправочных коэффициентов указывает на недостаточную точность результатов разведочных работ и обязывает более правильно методически и технически организовать их. Однако использование ряда коэффициентов (к объемному весу, на вымыв и др.) даже в случае тщательного проведения разведочных работ в настоящее время является неизбежным и оказывает свое влияние на точность результатов подсчета запасов.

### О погрешностях методов подсчета запасов

Два-три десятилетия тому назад считалось, что простые методы подсчета запасов не обладают достаточной точностью. Например, И. С. Васильев [1929] утверждал, что подсчет методом среднего арифметического «производится довольно быстро, но дает лишь приблизительные результаты».

В инструкции ГГРУ [1931] при указании на то, что метод среднего арифметического дает весьма быстрые, но лишь грубо приближенные результаты, делается оговорка, что во многих случаях этот метод может дать результаты не менее точные, чем другие более сложные способы подсчета: «При равномерном распределении разведочных выработок на площади, он дает почти то же значение для цифр запасов, как и способ ближайших точек»... «При значительном числе разведочных выработок вследствие взаимной компенсации положительных и отрицательных погрешностей он приближается по точности к другим более сложным способам подсчета».

Однако все эти замечания не подтверждались какими-либо цифровыми материалами. Только позже А. А. Крениг, К. Л. Пожарицкий, А. А. Розин [1940] и другие, основываясь на экспериментальных работах Центрального научно-исследовательского маркшейдерского бюро (ЦНИМБ), привели убедительные данные, доказывающие, что точность конечных цифр запасов очень мало зависит от способа подсчета.

Экспериментальные работы ЦНИМБ показали, что результаты подсчетов запасов, произведенных методами ближайшего района, треугольников, четырехугольников, параллельных сечений и изосекансов, дали при стометровой сетке разведочных выработок отклонения от 4 до 8%, а при сетке 200 м — от 7 до 9%. Метод среднего арифметического показал несколько большие отклонения, которые составили в первом случае 9%, во втором — 14%.

Д. А. Казаковский [1948] на основании экспериментальных работ пришел к заключению, что широкое применение метода среднего арифметического объясняется его простотой и достаточной точностью, особенно, когда разведочные выработки расположены по равномерной сети. Только в случае выклинивающейся залежи формула среднего арифметического дает резко заниженный результат. Кроме того,

Д. А. Казаковский утверждает, что результаты подсчета запасов зависят от способа расположения разведочной сети, и делает следующий вывод: «Так как получаемые в результате подсчетов цифры кубатуры зависят от способа расположения разведочной сети, то и заключение о сравнительной точности методов будет различным при разных способах расположения сети. В соответствии с этим, методы, которые оказались наиболее точными в одном случае, могут оказаться менее точными при другом способе расположения разведочной сети».

Указанное, однако, не распространяется на метод среднего арифметического, который, например, в случае выклинивающейся залежи дает при любом положении начальной скважины заниженные результаты.

В работах В. И. Смирнова [1950] приведены данные сопоставления результатов подсчета запасов различными методами разнообразных месторождений, полученные бригадой работников ВКЗ под руководством М. С. Андреевой, В. А. Ассовской, А. П. Прокофьева и В. С. Федорова. Для одного из полиметаллических месторождений на Алтае был произведен пересчет запасов шестью методами (табл. 45). При сравнении результатов подсчет запасов методом среднего арифметического с взвешиванием содержаний на мощности был принят за 100%.

Сравнительные результаты по подсчету запасов одного из месторождений бокситов Тихвинского района приведены в табл. 46, а Бегичевского месторождения каменного угля — в табл. 47.

Таблица 45

Сопоставление результатов подсчета запасов Березовского полиметаллического месторождения различными методами

Метод подсчета запасов	Руда	Медь	Свинец	Цинк	Золото	Серебро
	проценты					
Среднего арифметического со взвешиванием содержаний на мощность . . . . .	100	100	100	100	100	100
Среднего арифметического . . . . .	100	85	105	102	91	90
Параллельных сечений . . . . .	91	97	77	87	90	99
Многоугольников . . . . .	99	104	86	94	99	106
Треугольников . . . . .	95	104	91	94	94	90
Треугольников со взвешиванием содержаний по мощности . . . . .	95	99	79	87	94	94

Таблица 46

Сопоставление результатов подсчета запасов бокситов Плесовского месторождения различными методами

Метод подсчета запасов	Запасы, %	Метод подсчета запасов	Запасы, %
Среднего арифметического . . . . .	100	Многоугольников . . . . .	99,3
Параллельных сечений . . . . .	103,1	Треугольников . . . . .	97,2

Таблица 47

Сопоставление данных (в %) по подсчету запасов  
каменного угля поля шахты № 10 Бегичевского  
месторождения различными методами

Метод	Запасы
Среднего арифметического . . . . .	100
Многоугольников . . . . .	100,6
Треугольников . . . . .	100,7

Из приведенных данных видно, что сопоставление результатов подсчета запасов разными методами во всех случаях показывает необычайную близость конечных цифр запасов руды и компонентов (металлов в руде). Отклонение в запасах руды обычно лежит в пределах 1—5% и лишь в одном случае достигло 9%. Таким образом, эти отклонения не превосходят пределов точности технических операций подсчета (определение площадей, вычисление средних мощностей, содержаний).

Такие же, практически, отклонения наблюдаются при определении запасов металлов, за исключением запасов свинца, для которых отклонение в одном случае достигает недопустимой величины — 23%. Однако это объясняется тем, что из 26 скважин, по которым производился подсчет, три скважины пересекли очень маломощные участки рудного тела с резко повышенным содержанием свинца, т. е. для свинца наблюдается обратная зависимость между содержанием металла и мощностью рудного тела. В этом случае метод среднего арифметического, естественно, дает завышенные запасы металла.

Позже А. П. Прокофьевым [1953] были опубликованы результаты подсчета запасов ряда месторождений различными методами, которые также показали, что величина ошибок, связанных с применением различных методов подсчета запасов, не превышает величины погрешностей определения параметров подсчета, технических операций и, тем более, погрешности аналогии (геологической ошибки). Поэтому наиболее целесообразным следует считать применение таких методов, которые прежде всего дают возможность учитывать и отражать геологические особенности строения месторождения, его структуру, распределение различных сортов и типов минерального сырья и в то же время позволяют сократить затраты времени и средств, связанные с подсчетом запасов.

## ГЛАВА XI

### ОПЕРАТИВНЫЙ УЧЕТ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Описанные выше методы применяют для полного подсчета запасов, которые производят раз в несколько лет по мере накопления нового материала по разведке и изучению месторождения. При этом каждый раз заново изготавливается подавляющая часть геологических планов, разрезов и планы подсчета запасов. На этой основе производится полный пересчет запасов с учетом как ранее имевшихся данных, так и новых, полученных после предыдущего подсчета. При этом обычно составляется очередной полный отчет о геологоразведочных работах с подробным описанием геологии месторождения, отражающим степень накопления по нему фактических материалов и их научную трактовку.

Кроме таких необходимых генеральных подсчетов запасов, выполняемых один раз в 3—10 лет, для повседневной, оперативной работы требуется производить текущий учет движения запасов в процессе разведки и эксплуатации месторождений. Такой подсчет запасов может быть назван оперативным.

Выбор способов оперативного подсчета запасов. Основным требованием, предъявляемым к методу оперативного подсчета запасов, является возможность систематического учета изменяющихся запасов путем пополнения учетных материалов без их переделки. В связи с этим такие методы подсчета запасов, как методы многоугольников и треугольников, требующие коренной переделки подсчетных планов после проходки каждой новой выработки или скважины, совершенно непригодны для оперативного учета запасов. Мало пригодным является и громоздкий метод изолиний, требующий существенной правки подсчетных планов при получении новых разведочных данных. Иногда для оперативного учета могут применяться методы разрезов, геологических блоков и изогипс.

Наиболее отвечающими требованиям оперативного учета являются методы геологических блоков, эксплуатационных блоков и разрезов, при этом для подавляющего большинства месторождений твердых полезных ископаемых — метод геологических блоков.

Некоторые особенности методики оперативного подсчета. Для оперативного подсчета запасов, как и для большинства способов генеральных подсчетов запасов, на плоскости, наиболее близкой к средней плоскости залежи, составляется подсчетный план. Для пологих залежей это будет проекция на горизонтальную плоскость, для крутопадающих — на вертикальную плоскость, параллельную среднему простиранию залежи. На план наносятся все выработки

и скважины, при помощи которых разведано месторождение, с таким расчетом, чтобы на чертеже осталось место для последующего пополнения плана по мере развития разведочных работ. При этом может применяться как полиэтная система (для небольших месторождений, например, для небольших жил, линз и пр.), так и планшетная (для крупных залежей). В случае применения последней подсчетный план состоит из ряда нормальных планшетов ( $60 \times 60$  см), примыкающих друг к другу по координатной сети. На плане все ранее пройденные выработки следует изображать одним знаком, пройденные за отчетный период — другим, находящиеся в проходке — третьим, и, наконец, если имеются проектные выработки — четвертым. Систему обозначений следует разработать такую, при которой простое пополнение переводило бы выработку из проектной в действующую и затем законченную. Можно, например, проектные выработки обозначать слабым контуром, находящиеся в проходке — жирным, пройденные за отчетный период заливать тушью наполовину и пройденные до отчетного периода — полностью.

На таком плане проводят контур учитываемых запасов. Затем периодически, по мере развития разведочных работ и расширения разведанной площади, наносят новые контуры, по которым и определяются запасы. Определение производят путем перемножения величины площади на средние величины мощности, объемного веса и содержания компонента. Нарращиваемые контуры подсчетных площадей можно отличать друг от друга по разным штриховым обозначениям (сплошная линия, пунктир и пр.), их окраске, по выписываемому рядом с контуром числу, на которое он построен.

Последний способ наиболее удобен. Для этого в нескольких местах контура можно делать разрывы (как у горизонталей) и вписывать дату, на которую построен контур.

При оперативном учете запасов надо избегать слишком дробного выделения категорий, так как контуры подсчета запасов по разным категориям и периодам учета, переплетаясь между собой, осложняют понимание подсчетных планов и производство оперативного подсчета. Нельзя также создавать сводные планы с нанесением на них взаимно перекрывающихся друг друга залежей. В этом случае для каждой залежи должен быть составлен самостоятельный подсчетный план. Оперативный подсчет запасов может быть нарастающим и балансовым.

Форма нарастающего учета запасов применяется при разведке месторождений без их эксплуатации. В этом случае по мере развития разведочных работ в определенные периоды производится наращивание запасов, подсчитываемых по расширяющимся контурам, и перевод их из одной категории в другую. Как правило, изменение запасов происходит в сторону их увеличения. Но не исключаются случаи, когда на отдельных этапах разведочных работ может происходить временное сокращение запасов в связи с неблагоприятными результатами разведок. Форма нарастающего учета запасов простая и не требует пояснений.

Форма балансового учета запасов применяется на действующих горных предприятиях, когда месторождение эксплуатируется при продолжающейся разведке его. В этом случае в определенные периоды должны быть учтены запасы как приращенные в процессе разведки, так и изъятые в процессе эксплуатации, т. е. должен быть произведен балансовый учет запасов с выявлением количества их на период учета. Пример формы балансового учета, применяемой для оперативного учета на рудниках цветной металлургии, приводится в табл. 48. Аналогичный пример для шахт каменноугольной промышленности — в табл. 49.





Форма учета эксплуатационных запасов в цветной металлургии

№ пп.	Наименование рудников, участков, горизонтов	Запасы категорий А + В														
		Годовая производительность предприятия в тыс. т руды			I группа				II группа				III группа			
		плановая	проектная	потери при добыче, %	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах

№ пп.	Наименование рудников, участков, горизонтов	Запасы категорий А + В													
		Годовая производительность предприятия в тыс. т руды			IV группа				V группа			VI группа			
		плановая	проектная	потери при добыче, %	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	обеспеченность (с учетом потерь), в годах	металл, тыс. т	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т

Продолжение табл. 50

№ пп.	Наименование рудников, участков, горизонтов	Запасы категории С <sub>1</sub>										
		Годовая производительность предприятия в тыс. т руды			I группа				II группа			
		плановая	проектная	потери при добыче, %	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах

№ пп.	Наименование рудников, участков, горизонтов	Запасы категории С <sub>1</sub>						Запасы категории С <sub>2</sub>				
		III группа			IV группа			всего				
		руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т	обеспеченность (с учетом потерь), в годах	руда, тыс. т	среднее содержание металла, %	металл, тыс. т

Продолжение табл. 50

Пр и м е ч а н и е. Запасы категорий А + В: I группа — подготовленные к добыче запасы; II группа — запасы, которые могут быть подготовлены к добыче в один год; III группа — запасы в предохранительных прочих целиках; IV группа — запасы, которые могут быть подготовлены к добыче в два года; V группа — все остальные балансовые запасы; VI группа — забалансовые запасы.  
Запасы категории С<sub>1</sub>: I группа — запасы, которые могут быть вскрыты и подготовлены к добыче в один год; II группа — запасы, которые могут быть вскрыты и подготовлены к добыче в два года; III группа — все остальные балансовые запасы; IV группа — забалансовые запасы.

для целей эксплуатации учет движения запасов по каждому эксплуатационному блоку. Наиболее продуманная система поблочного учета запасов была организована на Дарасунском полиметаллическом месторождении Д. А. Зенковым [1946]. Здесь для каждого блока составлялся

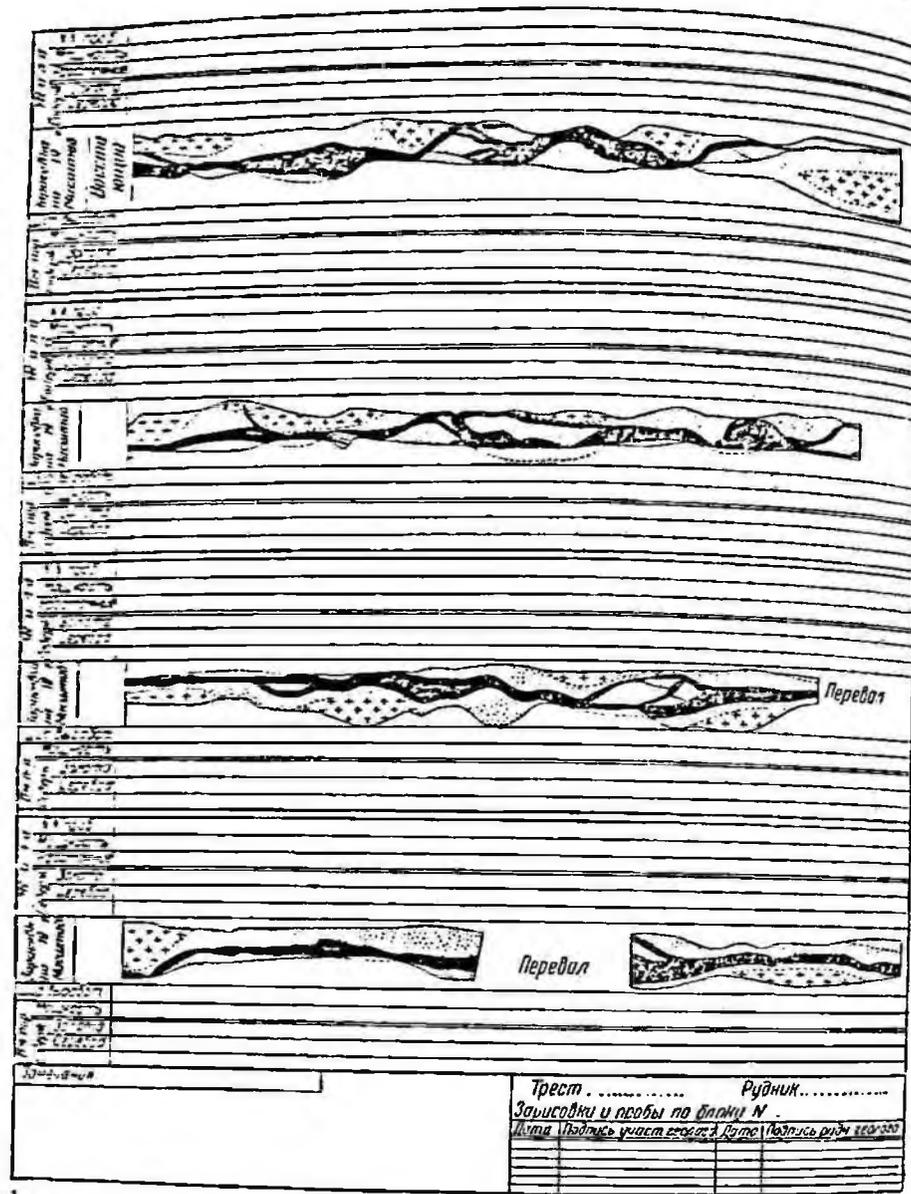


Рис. 239а. Паспорт очистного блока; лицевая сторона его со сводными зарисовками очистных забоев

геологический паспорт, в котором раз в месяц отмечались все изменения в геологическом строении рудной жилы, качестве руды и количестве запасов. Образец такого паспорта для одного из блоков изображен на рис. 239.

Таблица 51  
форма учета эксплуатационных запасов в угольной промышленности

Год, месяц	Балансовые запасы шахтного поля	В числе балансовых запасов		В числе подготовленных запасов					Приме- чание	
		вскрытые	подготов- ленные	подготовленные основными выр- ботками	годные к выемке	в целликах	временно зав- ленные	временно затоп- ленные		в погаре

Другим образом схемы оперативного учета запасов могут служить так называемые обменные планы, впервые разработанные в Главугле-

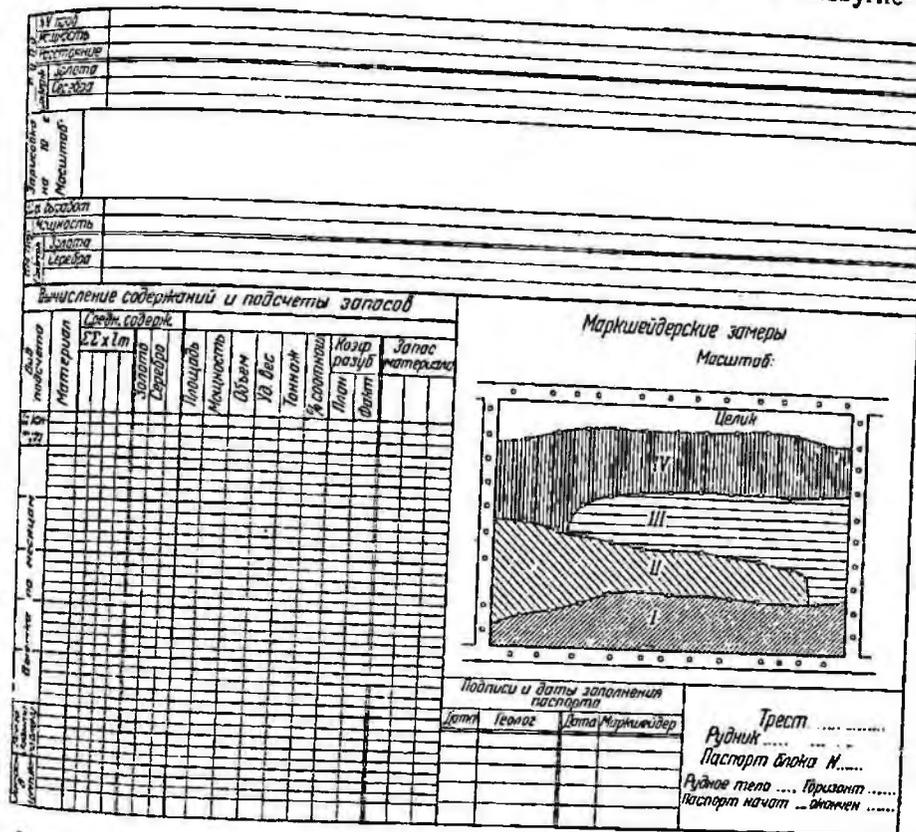


Рис. 239б. Паспорт очистного блока; оборотная сторона его с таблицами для разного рода подсчетов и контурами линий очистных забоев (заполняется маркшейдером)

разведке и усовершенствованные позже в Главуглегеологии Министерства геологии. Образец такого обменного плана изображен на рис. 240. Смысл его заключается в том, что по мере развития на каменноугольном месторождении разведочных работ на план наносят раз в месяц

все данные, полученные за отчетный период: пробуренные скважины, разрезы пласта по ним и анализы проб. Затем один раз в квартал наносят контуры подсчитываемых запасов и определяют их цифры. Такой план составляют в двух экземплярах, один из которых оставляют в партии, а другой направляют через трест в Главк. В обмен на этот план из Главка через трест (или непосредственно) направляют план с данными предыдущего оперативного подсчета запасов. Таким образом, в вышестоящей организации всегда имеются конкретные геологические данные о состоянии разведочных работ и приросте запасов по разведкам на том или ином месторождении. Раз в три месяца после оперативного подсчета запасов на конец квартала пополнение плана начинают на новом экземпляре. Это делают для того, чтобы контуры двух периодов подсчета не перекрывали друг друга и не затрудняли чтение планов. Для легкости обновления планов их размножают в достаточном количестве светокопий, позволяющих быстро изготовлять необходимые чертежи и пополнять их в течение квартала.

Периоды оперативного учета запасов. Оперативный учет запасов хотя и является текущим, но производится по определенным периодам (месяц, квартал и полугодие).

Выбор периода зависит от скорости проведения разведочных и подготовительных работ. Хотя оперативный подсчет запасов более схематичен, чем полный (генеральный) пересчет, тем не менее его, как и последний, можно производить по достаточной совокупности данных о параметрах подсчета. Единичные параметры часто являются случайными и могут сильно исказить истинные цифры запасов на разведанной площади. Поэтому требуется некоторое накопление данных о параметрах для подсчета, число которых должно быть тем больше, чем сложнее месторождение по строению и составу.

Количество значений параметров (мощность залежи, содержание компонентов), пригодное для оперативного учета запасов для месторождений с равномерным распределением ценного компонента, ориентировочно должно быть не менее 5, для месторождений с неравномерным распределением не менее 8—10 и, наконец, для месторождений с весьма и крайне неравномерным распределением не менее 15—25. Поэтому, например, на пластовом месторождении, разведываемом бурением, оперативный учет запасов целесообразно производить не чаще чем после проходки пяти скважин. Если в месяц бурят пять или более скважин, то период оперативного учета может быть месячным, если не более трех скважин, то — кварталным. При разведке жильного месторождения с весьма неравномерным распределением запасов горными работами с опробованием через 2 м оперативный подсчет целесообразно производить тогда, когда будет отобрано и проанализировано не менее 15—25 проб, т. е. когда будет пройдено не менее 30—50 м выработки. Если это количество проходится за один месяц, то учет можно производить не чаще одного раза в месяц.

Следует отметить, что если способы и приемы полных пересчетов запасов достаточно разработаны и даже излишне разнообразны, то формы текущего оперативного учета запасов разработаны пока еще недостаточно.

Текущий балансовый учет запасов в недрах является обязательным для всех предприятий нашей страны, занимающихся добычей минерального сырья. Государственный учет запасов полезных ископаемых, выявленных, разведанных и разрабатываемых на территории Союза ССР всеми министерствами, ведомствами и другими организациями, производится Всесоюзными и территориальными геологическими фондами Министерства геологии и охраны недр на основании специальных постановлений правительства.

Основными задачами этого Всесоюзного учета запасов являются:  
 а) полные и точные сведения о состоянии на 1 января каждого года всех выявленных запасов полезных ископаемых по отдельным участкам, шахтам, рудникам и месторождениям, по областям, краям, республикам и Советскому Союзу в целом с подразделением запасов по степени их разведанности (достоверности), пригодности для промышленного использования и фактическому их освоению промышленностью;

б) учет за истекший год добычи и потерь полезного ископаемого в недрах при эксплуатации месторождений и других изменений запасов, в результате произведенных разведочных работ, пересчета и переоценки;

в) показ степени обеспеченности действующих, строящихся и проектируемых горнодобывающих предприятий запасами минерального сырья;

г) систематизированный материал для планирования геологоразведочных и эксплуатационных работ, капитального строительства промышленных предприятий и для наиболее рационального и комплексного использования минерального сырья.

Учету подлежат запасы всех полезных ископаемых как утвержденные ГКЗ или ТКЗ, так и учтенные по данным оперативных подсчетов или других геологических материалов, составленных с соблюдением всех общеобязательных правил и инструкций по геологоразведочным работам и подсчету запасов.

Учет запасов полезных ископаемых производится на основании отчетных балансов, представляемых в территориальные геологические фонды предприятиями и организациями, производящими поиски, разведку и разработку месторождений полезных ископаемых.

Форма отчетного баланса запасов разрабатывается Всесоюзным геологическим фондом (ВГФ) Министерства геологии и охраны недр и утверждается ЦСУ при Совете Министров Союза ССР. Примерная форма отчетного баланса приведена в табл. 52. Заполнение отчетной формы производится в соответствии с Инструкцией по учету запасов полезных ископаемых, которая периодически издается ВГФ Министерства геологии и охраны недр.

Таблица 52

Отчетный баланс запасов полезных ископаемых за 19\_\_ год

Наименование полезного ископаемого \_\_\_\_\_

Единица измерения запасов \_\_\_\_\_

№ п/п.	Наименование месторождения и точный адрес	Степень изученности (эксплуатируется, строится, проектируется и т. д). Наименование организации, разведывающей или эксплуатирующей месторождение	а) Тип полезного ископаемого, сорт, марка; б) среднее содержание компонентов; в) глубина подсчета; г) глубина отработки	Категории запасов	Запасы на 1.1. 19__ г.	
					балансовые	забалансовые

Продолжение табл. 52

№ пп.	Наименование месторождения и точный адрес	Движение балансовых запасов за 19__ г.				Запасы на 1/1 19__ г.	
		добычи	потери при добыче (в нечрах)	изменения в результате		балансовые	зубалансовые
				разведки (увеличение +, уменьшение -)	пересчета или переоценки (увеличение +, уменьшение -)		

Продолжение табл. 52

№ пп.	Наименование месторождения и точный адрес	Запасы, утвержденные ВКЗ или ТКЗ			Примечание
		количество		по состоянию на какое число утверждены запасы. Дата утверждения и № протокола	
		балансовые	зубалансовые		

## ГЛАВА XII

# МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### А. МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ НЕФТИ

При подсчете запасов нефти применяют следующие методы: объемный, статистический и материальных балансов.

#### 1. Объемный метод

Объемный метод основан на использовании данных о геологических условиях распределения нефти в горных породах и имеет следующие разновидности: собственно объемный метод, объемно-статистический, объемно-весовой, гектарный и изолиний.

Собственно объемный метод. В случае применения объемного метода используется следующая известная формула

$$Q = S m \varphi \mu k \gamma \eta, \quad (170)$$

где  $Q$  — извлекаемый (промышленный) запас нефти,  $m$ ;  
 $S$  — площадь нефтеносности,  $m^2$ ;  
 $m$  — эффективная мощность пласта,  $m$ ;  
 $\varphi$  — коэффициент эффективной пористости нефтесодержащих пород;  
 $\mu$  — коэффициент насыщения пласта нефтью;  
 $k$  — коэффициент отдачи;  
 $\gamma$  — удельный вес нефти;  
 $\eta$  — пересчетный коэффициент, учитывающий усадку нефти.

Согласно инструкции по применению классификации запасов при подсчете запасов нефти или газа объемным методом, должны представляться следующие материалы:

а) обоснование выделенных категорий запасов с указанием их границ на структурной карте горизонта и с обозначением результатов опробования или пробной эксплуатации скважин условными знаками;

б) фактические данные по скважинам об эффективной мощности горизонта и его пористости, а также методика получения и обоснование принятых средних исходных величин для подсчета;

в) обоснование коэффициентов нефтенасыщения и нефтеотдачи;

г) данные об анализах, усадке нефти при извлечении ее на поверхность и о газовом факторе;

д) фактические данные о пластовом давлении, составе газа и температуре газоносного горизонта месторождения газа.

Подсчитанные объемным методом запасы нефти могут быть проконтролированы отдачей на один гектарометр по истощенной или выработанной (обводненной) площади.

Объемно-статистический метод. При отсутствии соответствующих данных о коэффициентах насыщения и отдачи, последние иногда определяются по разработанному (истощенному эксплуатацией) горизонту, когда все остальные показатели известны. В этом случае

$$x = \frac{Q_1}{S_1 m_1 \varphi_1 \gamma_1 \eta_1}, \quad (171)$$

где  $x$  — коэффициент использования объема пор, равный  $\mu k$ ;  
 $Q_1; S_1; m_1; \varphi_1; \gamma_1; \eta_1$  — уже известные величины, числовые значения которых определены по выработанному горизонту.

Отсюда формула (170) для подсчета запасов нефти примет общий вид

$$Q = S m \varphi \chi \eta, \quad (172)$$

где  $x$  — определяется по истощенному горизонту, а значения  $S, m, \varphi, \gamma, \eta$  выбираются в соответствии с частными данными изучаемого горизонта, для которого по аналогии принимается тот же коэффициент использования объема пор.

Таким образом, для определения возможной величины коэффициента использования необходимо иметь фактические данные о количестве добытой нефти из горизонта, о размерах истощенной площади и пористости нефтесодержащих пород. Особое значение имеет коэффициент  $\eta$ , учитывающий усадку нефти на поверхности, так как согласно формуле (171) действительный коэффициент использования объема пор больше того, который подсчитывается без учета усадки нефти. Недоучет этих данных приводит к двойной ошибке: 1) к предположению остатка большого количества нефти в истощенном горизонте, 2) к преуменьшению промышленных запасов нефти вследствие выбора меньшей величины  $x$ . Чем больше горизонтов, по которым получены фактические данные о величинах коэффициента использования, тем более достоверными будут выводы из анализа этих величин.

Коэффициент использования объема пор зависит от: 1) режима работы пласта и характера проявления вытесняющего нефть агента, 2) литолого-физических и коллекторских свойств пласта, 3) физико-химических свойств пластовой нефти, газа и воды, 4) применяемой системы разработки и мероприятий по воздействию на пласт. Таким образом, величина коэффициента зависит не только от естественных свойств пласта, но в значительной мере и от характера его разработки и эксплуатации.

Объемно-весовой метод. Для пластов с гравитационным режимом, добыча нефти из которых ведется шахтным способом, удобно вести расчеты запасов по соотношению

$$Q = S \cdot m \cdot d, \quad (173)$$

где  $Q$  — балансовый запас нефти,  $m$ ;  
 $S$  — продуктивная площадь,  $m^2$ ;  
 $m$  — нефтенасыщенная мощность пласта,  $m$ ;  
 $d$  — нефтенасыщенность на  $1 m^3$  породы, определенная в лаборатории,  $m$ .

Для получения величины извлекаемого (промышленного) запаса ( $Q_{\text{пром}} = Q \cdot k$ ) вводится коэффициент отдачи ( $k$ ), величина которого устанавливается практически в соответствии с применяемым методом разработки и способом обработки нефтеносных пород.

Гектарный метод. Метод расчета запаса нефти на  $1 га$  площади и на  $1 m$  мощности можно кратко назвать «гектарным методом», который, по существу, является разновидностью объемного.

Сущность метода заключается в следующем: по разбуренной и истощенной площади (или почти истощенной, когда дебиты скважин по сравнению с начальным дебитом весьма низки) подсчитывается суммарная добыча ( $Q$ ) со всех пластов за все время эксплуатации; затем определяется суммарная эффективная мощность ( $M$ ) всех продуктивных горизонтов и средняя продуктивная площадь ( $S$ ), вычисленная как среднее арифметическое из размеров продуктивных площадей всех нефтеносных горизонтов. Тогда можно определить извлекаемый запас (удельный) на 1 га и 1 м мощности для истощенной площади

$$q = \frac{Q}{SM}. \quad (174)$$

Полученная цифра запаса ( $q$ ) может быть по аналогии экстраполирована на соседние площади, геологически сходные с данной. Допустим, например, что по результатам геологической съемки новая возможная площадь нефтеносности оценивается величиной  $S_1$  (в га), а суммарная эффективная мощность всех возможных продуктивных горизонтов —  $M_1$  (в метрах). Тогда извлекаемый (промышленный) запас по этой площади  $Q_1$  может быть выражен следующим соотношением

$$Q_1 = S_1 \cdot M_1 \cdot q. \quad (175)$$

Ясно, что оценка запасов какой-либо новой площади на основе распространения на нее по аналогии добычи с разработанной нефтеносной площадью (с единицы площади и мощности) может быть правильной только в том случае, когда обе площади геологически сходные.

Гектарный метод подсчета запасов обычно применяется для низких категорий.

Метод изолиний. Метод изолиний лишь в последнее время начали применять для подсчета запасов нефти на некоторых месторождениях.

Для этого используют основные показатели формулы (170), которые либо раздельно, либо в виде произведений графически изображают на плане расположения скважин изолиниями, характеризующими содержание полезного ископаемого.

Например, берут из формулы (170) следующие группы показателей: произведения значений в данной скважине  $m \cdot \varphi \cdot \mu = \alpha$  и  $k \cdot \gamma \cdot \eta = q$ , последний из которых является обычно постоянным для всего продуктивного пласта. Затем строят карту изолиний значений  $\alpha$  и умножают средние значения между изолиниями на соответствующую площадь ( $S$ ) и величину  $q$ . В итоге получают запас  $Q = q \Sigma (S \cdot \alpha)$ .

Применяют и другие варианты комбинаций указанных выше величин, вплоть до изолированного построения карт изолиний по отдельным аргументам при недостаточности данных и невозможности изображения произведения их в виде изолиний. Но эти варианты не имеют принципиального различия и методика их использования аналогична вышеописанной.

Указанный метод не имеет преимуществ перед формулой (170) объемного метода. Для геологической характеристики пласта полезным лишь является раздельное изображение аргументов. Следует иметь в виду, что при методе изолиний: 1) отсутствует наглядность, так как существенно различные геологические показатели пласта по отдельным аргументам ( $m$ ,  $\varphi$  и  $\mu$ ) могут в произведении давать одни и те же числа; 2) необходимо наличие большого числа фактических данных (что обычно не имеет места даже для высоких категорий запасов нефти и газа), иначе все расчеты приходится основывать на данных отдельных аргументов, определяемых с помощью интерполяции, что приводит

к формальным арифметическим вычислениям и геометрическим построениям, создающих лишь иллюзию точности и наглядности; 3) ошибки в определении отдельных аргументов и их экстраполяции в большей степени увеличивают погрешность подсчета запасов по сравнению с формулой (170), в которой участвуют средние значения отдельных аргументов; 4) запас, подсчитанный на данном поле, не является статичным, находится в динамике и во взаимодействии с разработкой соседних полей, поэтому изображенная в изолиниях наглядность запасов в отдельных смежных сообщающихся полях является кажущейся.

При значительных, резко изменчивых значениях параметров необходимо переходить к раздельному расчету отдельных параметров, характеризующихся соответствующими геологическими значениями данного параметра по формуле (170).

## 2. Статистический метод

Метод подсчета подземных запасов нефти, основанный на изучении кривых падения дебита скважин, известен под наименованием «метода кривых» уже больше 40 лет.

При построении кривых падения дебита впервые в Советском Союзе начали применять математическую статистику. Сам метод в дальнейшем получил более широкое наименование статистического метода.

Применение методов математической статистики к построению кривых позволило осуществить оценку необходимой и возможной объективной точности выводимых кривых. Использование при подсчете запасов нефти общепринятых методов математической статистики требует знания основ статистики, без чего невозможно изучение различных связей между переменными, а также построение кривых. При изучении статистических сведений о добыче за прошлое время стремятся выявить влияние на дебит тех или иных факторов. Характер выявленных закономерностей служит основой для построения кривых (получивших, в общем виде, наименование кривых эксплуатации) и их экстраполяции для определения возможной добычи и расчета запасов нефти.

Выявление закономерностей изменения дебитов и построение кривых выполняются с помощью методов математической статистики. Ниже излагаются некоторые вопросы математической статистики, которые используются при подсчете подземных запасов нефти.

Построение логарифмических корреляционных таблиц. В практике подсчета запасов нефти для установления зависимости между двумя (и более) переменными часто приходится прибегать к построению полулогарифмической и логарифмической корреляционных таблиц.

Использование простых корреляционных таблиц, в которых переменные собраны в нормальный числовой ряд распределения, часто бывает весьма затруднительным. Диапазон изменений переменных иногда бывает настолько широк, что, при выборе небольшого интервала наблюдения, таблица получается громоздкой из-за необходимости вычерчивания большого количества граф. В то же время, если увеличить интервал, то при неравномерном распределении фактического материала большинство его попадает в ограниченное количество интервалов, что затрудняет обзор материала. Группировка же фактического материала, имеющего широкий диапазон изменений, в логарифмическую корреляционную таблицу, в которой обе переменные собраны в логарифмический ряд распределения, или в полулогарифмическую, где одна из переменных собрана в логарифмический ряд распределения, а другая — в нормальный, позволяет избежать указанного неудобства.

При помощи полной логарифмической корреляционной таблицы, в которой переменные собраны в ряд с равными интервалами их логарифмов, можно исследовать изменения переменных, колеблющихся в широких пределах при значительно меньшем числе граф таблицы по сравнению с таблицей, в которой переменные собраны в нормальный ряд распределения. Указанное обстоятельство основывается на том факте, что при одном и том же интервале в логарифмах емкость интервала в логарифмах на больших числах велика, а на малых — мала.

В связи с этим при необходимости исследования переменной, колеблющейся в пределах от 10 до 1000, потребовалось бы построить корреляционную таблицу с нормальным рядом распределения переменных, имеющую 100 граф, задавшись интервалом изменения переменной, равным 10. Изменения той же переменной можно наблюдать с помощью логарифмической корреляционной таблицы, имеющей при интервале в логарифмах 0,1 всего 30 граф.

Исследование переменных с помощью логарифмических и полулогарифмических корреляционных таблиц необходимо еще по следующим причинам. В практике подсчета запасов нефти с помощью кривых между предыдущими и последующими месячными дебитами скважин устанавливается зависимость, не являющаяся линейной связью; следовательно, и соответствующее уравнение не будет уравнением прямой.

Практика применения метода кривых показала, что вид кривых чаще всего похож на кривые показательной функции, имеющие формулу  $y = ab^x$  или на гиперболы  $y = ax^{-b}$ . Логарифмирование каждой из формул дает в первом случае  $\lg y = \lg a + x \lg b$ , во втором —  $\lg y = \lg a - b \lg x$ , где линейной зависимостью связаны в первой формуле  $\lg y$  и  $x$ , во второй  $\lg y$  и  $\lg x$ . Указанное обстоятельство дает возможность получать прямолинейную зависимость между ними.

Таким образом, при подсчете запасов нефти описываемым методом кривые зависимости в нормальных координатах трансформируются в прямые в логарифмических (а иногда и полулогарифмических) координатах. Указанная трансформация происходит автоматически при разности исходных данных в полулогарифмическую или логарифмическую корреляционные таблицы.

Однако по таким таблицам определяется логарифмический коэффициент корреляции ( $r_{\lg y \lg x}$ ), т. е. коэффициент не между переменными, а между их логарифмами. В результате вычисления средних значений переменной для каждого интервала получаются не средние арифметические, а средние геометрические; далее имеются прямолинейные зависимости между логарифмами переменных и вероятная ошибка кривой в логарифмах. Однако все эти замены числовых показателей логарифмическими не создают неудобств в вычислении, так как между переменными и их логарифмическими функциями существует точная математическая связь, позволяющая без труда по логарифмам находить значения в числах.

Перейдем теперь к изложению метода построения логарифмических и полулогарифмических корреляционных таблиц зависимости между переменными. Корреляция между логарифмами переменных была впервые введена в практику подсчета запасов нефти на Бакинских промыслах.

Метод составления логарифмических корреляционных таблиц мало чем отличается от метода составления обычных корреляционных таблиц зависимости между двумя переменными. Для этого задаются определенным значением интервала, но не в числах, а в их логарифмах. Как показала практика составления этих таблиц, в качестве емкости интервала удобно брать 0,1 в логарифмах.

Подсчет запасов нефти методом кривых предусматривает построение «вероятной кривой производительности», которая по известному предыдущему дебиту скважины позволяет определить последующий. Построение кривой ведется при помощи корреляционной таблицы.

После того, как принята определенная емкость интервала в логарифмах, приступают к определению числа граф корреляционной таблицы, исходя из максимальных и минимальных значений членов рассматриваемого ряда чисел.

Пусть, например, максимальное значение числа (дебита) данного ряда составляет 138 т, а минимальное — 9 т. Для определения числа граф корреляционной таблицы, составляемой в логарифмах, берутся логарифмы максимальных и минимальных значений чисел ряда и вычисляется разность между ними

$$\begin{aligned} \lg 138 &= 2,14 \\ \lg 9 &= 0,95 \\ \hline &1,19 \end{aligned}$$

Число граф корреляционной таблицы получается при делении разности между максимальными и минимальными значениями в логарифмах на принятую емкость интервала в данном примере  $1,19 : 0,1 = 12$  граф.

После определения числа граф приступают к вычерчиванию самой таблицы (рис. 241). Заголовки граф состоят из трех колонок. Средняя

$\begin{matrix} q'' \\ \backslash \\ q' \end{matrix}$		Средний логарифм		Предел в логарифмах	
		Предел в логарифмах	Предел в числах	Предел в логарифмах	Предел в числах
2.1	2.15-2.05	141-112			
2.0	2.05-1.95	111.9-89			
1.9	1.95-1.85	88.9-71			
1.8	1.85-1.75	70.9-56			
1.7	1.75-1.65	55.9-45			
1.6	1.65-1.55	44.9-35			
1.5	1.55-1.45	34.9-28			
1.4	1.45-1.35	27.9-22			
1.3	1.35-1.25	21.9-18			
1.2	1.25-1.15	17.9-14			
1.1	1.15-1.05	13.9-11			
1.0	1.05-0.95	10.9-9			

Рис. 241. Логарифмическая корреляционная таблица

в обоих случаях представляет собой интервалы чисел в логарифмах. Так как в следующей за ней колонке средних логарифмов (слева в заголовке горизонтальных граф и справа в заголовке вертикальных) желательно иметь целые числа, интервалы чисел в логарифмах удобно подбирать так, чтобы средняя из них дала целое число. Например, если минимальное число рассматриваемого ряда имеет логарифм 0,95, то при интервале 0,1 в логарифмах минимальный предел следует взять от 0,95

до 1,05, что даст средний логарифм 1,0. Далее, сохраняя принятый интервал в логарифмах, заполняют колонки пределов в логарифмах и средних логарифмов (см. рис. 241).

Для удобства разности фактических данных в логарифмическую таблицу рядом с колонкой «предел в логарифмах» дается колонка «предел в числах», представляющая собой антилогарифмы пределов логарифмов. Наличие указанной колонки позволяет разносить фактические данные в корреляционную таблицу без предварительного перевода их в логарифмы.

Техника разности данных в логарифмические таблицы ничем не отличается от разности таковых в обычные корреляционные таблицы, где переменные собраны в нормальный числовой ряд.

Определение средних значений  $\lg \bar{q}''$  для каждого интервала  $\lg q'$  и средних значений  $\lg \bar{q}'$  для интервала  $\lg q''$  с целью построения кривых ведется, как и при определении этих значений в корреляционной таблице, в числах, только все вычисления ведутся с логарифмами, а не с числами. В процессе определения средних величин  $\lg \bar{q}''$  и  $\lg \bar{q}'$  следует иметь в виду, что при определении средних значений  $\bar{q}''$  и  $\bar{q}'$  по корреляционной таблице, в которой интервалы переменных заданы в числах, указанные средние вычисляются как средние арифметические. Иное получается при определении средних значений переменных  $q''$  и  $q'$  по логарифмической корреляционной таблице.

Определение средних значений ведется по следующей схеме:

$$\lg x = \frac{\lg x_1 + \lg x_2 + \dots + \lg x_n}{n}; \quad x = \text{antilg } x; \quad (176)$$

$$\lg y = \frac{\lg y_1 + \lg y_2 + \dots + \lg y_n}{n}; \quad y = \text{antilg } y. \quad (177)$$

Средняя геометрическая чисел ( $\bar{y}$ ) определяется следующим образом:

$$\bar{y} = \sqrt[n]{y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \cdot \dots \cdot y_n}, \quad (178)$$

далее

$$\lg \bar{y} = \frac{\lg y_1 + \lg y_2 + \lg y_3 + \dots + \lg y_n}{n} \quad (179)$$

откуда имеем

$$\bar{y} = \text{antilg } y. \quad (180)$$

Из полученных результатов видно, что при определении средних значений переменных по логарифмической корреляционной таблице получаются не средние арифметические, а средние геометрические величины. Известно, однако, что средняя геометрическая всегда меньше средней арифметической, вычисленной по тем же данным.

Вычисление кривых по средним геометрическим значениям возможно по следующим соображениям.

Среднее геометрическое значение одной переменной, определяемое по логарифмической корреляционной таблице, связано отношением со средним логарифмом другой. Однако антилогарифм последнего также является средней геометрической данного интервала (как антилогарифм полусуммы крайних значений интервала). Следовательно, отнесение среднего геометрического значения одной переменной к среднему значению интервала другой есть, по существу, отнесение одного среднего

геометрического к другому. В случае равенства интервалов переменных в логарифмах меньшая (по сравнению со средней арифметической) средняя геометрическая величина относится к настолько же меньшей (по сравнению со средней арифметической) другой средней геометрической величине.

Если нанести на график две кривые, одна из которых будет представлять средние арифметические, а другая — средние геометрические значения одного и того же ряда переменных, то окажется, что кривая средних геометрических значений переменных наложится на кривую средних арифметических, но все точки первой кривой будут сдвинуты относительно точек второй в сторону меньших значений  $x$  и  $y$ .

Поэтому при наличии полных логарифмических таблиц определять кривые зависимости  $\bar{y}$  от  $x$  и  $\bar{x}$  от  $y$  можно по средним геометрическим значениям  $\bar{y}$  или  $\bar{x}$  с последующим переводом логарифмов в числа.

Сглаживание фактических кривых зависимости. Получаемые с помощью корреляционных таблиц кривые зависимости представляют собой, как правило, ломаные линии. Излом фактических кривых является следствием влияния на изучаемую зависимость некоторых не учитываемых при исследовании факторов. Поведение ломаных кривых указывает лишь на общий характер зависимости между изучаемыми переменными.

Для интерполяции и особенно для экстраполяции кривых необходимо их «сгладить», т. е. подыскать к данной фактической ломаной кривой наиболее близкую теоретическую. Форма теоретической кривой, наиболее подходящая к данной фактической, т. е. форма связи между переменными (прямая, парабола, гипербола и др.), статистическими методами определена быть не может.

Практически эту форму связи в первом приближении можно установить путем наложения полученных средних точек на графики с различными координатными осями ( $x-y$ ;  $x-\lg y$ ;  $y-\lg x$ ;  $\lg x-\lg y$ ), принимая между переменными  $x$  и  $y$  ту форму связи, когда точки на графике ложатся более или менее точно на прямую линию.

В случае, если фактические средние точки в одном из графиков (например, с осями  $\lg x-\lg y$ ) ложатся на прямую, можно предположить, что между исследуемыми переменными существует гиперболическая связь. Определив таким образом форму связи, указанными ниже способами находим теоретическую формулу зависимости между переменными.

Не всегда, однако, наложение фактических точек в графиках с различными координатными осями дает ответ на вопрос о форме связи между исследуемыми переменными. Часто ни в одном из графиков фактические точки не ложатся на прямую. При отсутствии каких-либо иных указаний о связи между изучаемыми переменными приходится отказаться от применения теоретической формулы и ограничиться сглаживанием фактической кривой по методу «скользящей средней», что исключает возможность пользования сглаженной кривой с целью экстраполяции, так как в этом случае неизвестны закономерности изучаемых переменных за пределами крайних точек фактической кривой.

Сглаживание с помощью скользящей средней. Сглаживание с помощью скользящей средней производится путем вычисления средней ординаты (или абсциссы) из 3, 5, 7 последовательных значений ординат (абсцисс) фактической кривой с отнесением этой средней ординаты (абсциссы) к среднему значению абсциссы (ординаты).

В качестве примера сгладим фактическую кривую зависимости  $q''$  от  $q'$ , имеющую следующие последовательные значения (табл. 53) —

Таблица 53

Пример сглаживания кривой зависимости

$q'$	$\bar{q}''$	Средняя
115	66,2	—
105	65	60,9
95	51,6	55,5
85	50	47,2
75	40	43,3
65	40	36,7
55	30	33,3
45	30	26,6
35	20	21,6
25	15	15,5
15	11,6	10,5
5	5	

Пусть, например, ординаты соответствуют значениям  $q'$ , а абсциссы — значениям  $\bar{q}''$ .

Тогда для среднего значения ординаты  $q' = 105$ , по методу скользящей средней из трех, средняя абсцисса составит

$$\frac{66,2 + 65 + 51,6}{3} = 60,9.$$

Для ординаты  $q' = 95$  средняя абсцисса составит

$$\frac{65 + 51,6 + 50}{3} = 55,5$$

и т. д.

Таким образом, для нахождения средней абсциссы, соответствующей второй ординате, берется средняя арифметическая из 1, 2, 3 последовательных значений абсцисс фактической кривой, для нахождения средней абсциссы, соответствующей третьей ординате, — средняя арифметическая из 2, 3, 4 последовательных значений и т. д.

Подобным же способом можно производить сглаживание при помощи скользящей средней из 5, 7, 9 и любого другого нечетного числа абсцисс (или ординат), относя первую среднюю абсциссу (ординату) соответственно к третьей, пятой, седьмой и т. д. средним ординатам (или абсциссам). Однако при этом увеличение числа координат, из которых определяется средняя, приводит к потере большего числа точек в начале и конце кривой и может значительно исказить представление о действительном характере связи между переменными.

В самом деле, при скользящей средней из трех, первая средняя абсцисса относится ко второй средней ординате, а последняя средняя абсцисса — к предпоследней средней ординате, т. е. начальная и конечная точки будут потеряны; следовательно, при построении сглаженной кривой количество точек в этом случае будет на две меньше в сравнении с количеством точек, по которым строилась фактическая кривая (рис. 242).

Сглаживание фактических кривых с помощью теоретических формул. Сглаживание фактических кривых с помощью теоретических формул основывается на применении способа наименьших квадратов. Согласно этому способу наиболее подходящей теоретической кривой к данной фактической будет та, которая удовлетворяет следующему условию: «сумма квадратов отклонений всех ординат фактической кривой от наиболее подходящей теоретической составляет величину минимальную».

Так, на рис. 243 при заранее установленной форме связи (предположительно прямая) наиболее подходящей прямой будет та, для которой справедливо следующее условие

$$\sum [(S_1 - s_1)^2 + (S_2 - s_2)^2 + \dots + (S_n - s_n)^2] = \min, \quad (181)$$

где  $S$  — ординаты сглаженной кривой;  
 $s$  — ординаты фактической кривой.

После того, как установлена форма связи между переменными, задача определения статистической зависимости между ними сводится к вычислению параметров уравнения, выражающих эту связь. С этой целью на основании метода наименьших квадратов составляется два нормальных уравнения, решение которых позволяет определить искомые параметры уравнения наиболее подходящей кривой.

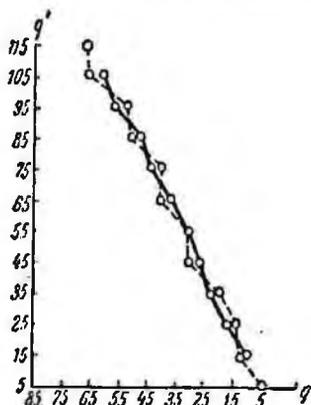


Рис. 242. Фактическая и сглаженная кривые: пунктирная линия — фактическая кривая, по данным табл. 53; сплошная линия — сглаженная кривая, методом скользящей средней из трех

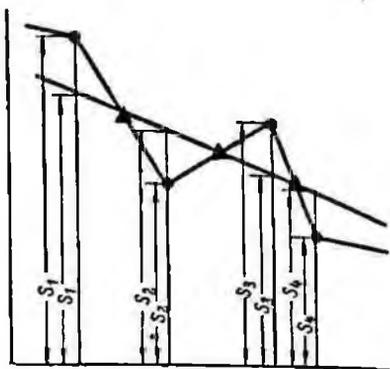


Рис. 243. Соотношение между фактической кривой и наиболее подходящей к ней теоретической кривой

Не затрагивая теоретических основ метода, изложение которых приводится в курсах математики, покажем на примерах практику его использования.

**Сглаживание по формуле прямой.** В этом случае при установлении формы связи графическим методом точки фактической кривой в системе прямоугольных координат  $(x, y)$  располагаются почти по прямой линии, не проходящей через начало координат. Указанное обстоятельство позволяет предполагать наличие прямолинейной связи между исследуемыми переменными.

Таким образом, сглаживание фактической кривой может быть сделано по уравнению прямой  $y = a + bx$ .

Для вычисления параметров  $(a$  и  $b)$  способом наименьших квадратов составляются два нормальных уравнения следующим эмпирическим способом:

1) выписываются величины, на которые умножаются параметры уравнения; в данном случае 1 и  $x$ ;

2) на эти величины умножается последовательно уравнение прямой и приписывается к каждому слагаемому полученных уравнений знак  $\Sigma$ , за который выносятся искомые параметры  $a$  и  $b$ ; при этом слагаемое  $\Sigma a = na$ , где  $n$  соответствует числу ординат сглаживаемой фактической кривой.

Итак, имеется два нормальных уравнения:

$$\Sigma y = na + b \Sigma x, \quad (182)$$

$$\Sigma ux = a \Sigma x + b \Sigma x^2. \quad (183)$$

Для примера сглаживания по уравнению прямой принимаются следующие фактические данные (табл. 54).

Чтобы отыскать параметры наиболее подходящей прямой и решить уравнение, составляют табл. 55.

В указанные выше уравнения подставляют итоги граф табл. 55.

$$26 = 4a + 10b,$$

$$61 = 10a + 30b.$$

Из решения уравнений находят

$$a = 8,5; \quad b = -0,8.$$

Следовательно, искомое уравнение прямой примет вид

$$y = 8,5 - 0,8x.$$

Подставляя в полученное выражение последовательно значения  $x$ , равные 1; 2; 3; 4, получают сглаженные значения  $y^*$ , равные 7,7; 6,9; 6,1 и 5,3.

Таблица 55

$x$	$y$	$x^2$	$xu$	Сглаженный (вычисленный) $y^*$
1	8	1	8	7,7
2	7	4	14	6,9
3	5	9	15	6,1
4	6	16	24	5,3
$\Sigma 10$	26	30	61	

$$n = 4,$$

где  $x$  — абсциссы точек фактической кривой;  
 $y$  — ординаты точек фактической кривой;  
 $n$  — число точек фактической кривой;  
 $y^*$  — вычисленные теоретические значения ординат по формуле.

в системе полулогарифмических координат, что, очевидно, соответствует формуле показательной функции.

При логарифмировании указанного уравнения получим выражение  $\lg y = \lg a + x \lg b$ , в котором линейной зависимостью связаны  $x$  и  $\lg y$ . Наличие линейной зависимости позволяет вычислить параметры прямой тем же способом, что и в предшествующем случае.

Таблица 56

$x$	1	2	3	4
$y$	30	21	15	12

Составляется два нормальных уравнения:

$$\Sigma (\lg y) = n \lg a + \lg b \Sigma x, \quad (184)$$

$$\Sigma (x \lg y) = \lg a \Sigma x + \lg b \Sigma x^2. \quad (185)$$

В качестве примера приводятся следующие фактические данные (табл. 56),

Таблица 54

$x$	1	2	3	4
$y$	8	7	5	6

Таблица 57

$x$	$y$	$\lg y$	$x^2$	$x \lg y$	$y^*$ сглаженный
1	30	1,477	1	1,477	29,1
2	21	1,322	4	2,644	21,4
3	15	1,176	9	3,528	15,7
4	12	1,080	16	4,320	11,5
$\Sigma 10$		5,055	30	11,969	

$$n = 4.$$

Подстановка итогов граф табл. 57 в указанные нормальные уравнения дает:

$$5,055 = 4 \lg a + 10 \lg b;$$

$$11,969 = 10 \lg a + 30 \lg b,$$

откуда

$$\lg a = 1,598; \lg b = -0,134.$$

Знание параметров дает возможность написать окончательно следующее уравнение

$$\lg y = 1,598 - 0,134x; \quad y = 38,7 (1,36)^{-x}.$$

Полученная формула позволяет проводить как интерполяцию точек, так и их экстраполяцию.

*Сглаживание по формуле гиперболы или параболы.* В рассматриваемом случае точки фактической кривой лежат примерно на прямой линии лишь в системе логарифмических координат, что, очевидно, может соответствовать уравнениям:  $y = ax^{-b}$  или  $y = ax^b$ .

Действительно, при логарифмировании указанных уравнений получаем  $\lg y = \lg a \pm b \lg x$ , в котором линейной зависимостью связаны  $\lg y$  и  $\lg x$ .

Аналогично предыдущему составляются два нормальных уравнения:

$$\Sigma \lg y = n \lg a \pm b \Sigma \lg x, \quad (186)$$

$$\Sigma (\lg y \lg x) = \lg a \Sigma \lg x \pm b \Sigma (\lg x)^2. \quad (187)$$

Принимаем следующие фактические данные (табл. 58)

Таблица 58

$x$	2	3	4	5
$y$	6	4	3	2

Для решения уравнений составляется вспомогательная таблица (табл. 59).

Таблица 59

$x$	$y$	$\lg x$	$\lg y$	$(\lg x)^2$	$\lg x \lg y$	$y^*$ сглаженный
2	6	0,302	0,778	0,092	0,236	6,4
3	4	0,478	0,602	0,231	0,288	3,9
4	3	0,602	0,478	0,362	0,288	2,76
5	2	0,699	0,302	0,489	0,210	2,10
	$\Sigma$	2,081	2,160	1,174	1,022	

Результаты граф табл. 59 подставляют в уравнения:

$$2,16 = 4 \lg a + 2,08b,$$

$$1,02 = 2,08 \lg a + 1,17b.$$

откуда находят:

$$\lg a = 1,171; \quad a = 14,8; \quad b = -1,211.$$

В итоге уравнение примет вид

$$\lg y = 1,171 - 1,211 \lg x; \quad y = 14,8x^{-1,211}.$$

Во всех рассмотренных примерах определения наиболее подходящих теоретических кривых предполагалось, что ординаты фактических кривых были равноценные, т. е. были вычислены по одному и тому же числу фактических данных.

Из корреляционных таблиц, на основании которых строятся фактические кривые зависимости, видно, что количество данных, обосновывающих вычисление той или иной ординаты фактической кривой, может быть весьма различно. Так, допустим (табл. 53), что среднее арифметически взвешенное значение  $\bar{q}'' = 66,2$  вычислено на основании 8 точек,  $\bar{q}'' = 65$  — на основании 3 точек,  $\bar{q}'' = 51,6$  — на основании 3 точек и т. д.

В связи с этим, при определении параметров уравнений теоретических наиболее подходящих кривых следует учитывать вес отдельных фактических ординат, что вызывает некоторую трансформацию таблиц исходных данных и двух нормальных уравнений.

Так, при отыскании параметров уравнения теоретической прямой с учетом различия в весах ординат фактической кривой таблица исходных данных примет следующий вид (табл. 60).

В свою очередь нормальные уравнения примут вид:

$$\Sigma fy = a \Sigma f + b \Sigma xf; \quad (188)$$

$$\Sigma(xfy) = a \Sigma xf + b \Sigma x^2 f. \quad (189)$$

Таблица 60  
Форма для отыскания параметров уравнения теоретической прямой

$x$	$y$	$f$	$xf$	$fy$	$x^2 f$	$xfy$
$\Sigma x$	$\Sigma y$	$\Sigma f$	$\Sigma xf$	$\Sigma fy$	$\Sigma x^2 f$	$\Sigma(xfy)$

Вероятная кривая производительности. Статистический метод может быть использован при наличии фактических данных по эксплуатации скважин и отдельных пластов, отражающих естественную отдачу пласта в определенных условиях его эксплуатации скважинами. При применении мероприятий по воздействию на пласт использование указанных типов кривых для расчета запасов является нецелесообразным. Нельзя основывать построение кривых на данных ненормальной эксплуатации, а также на применении в эксплуатационных скважинах ограничительных мероприятий. Для пластов, обладающих эффективным водонапорным режимом, использование этого метода является также нецелесообразным.

Таким образом, статистический метод можно применять для пластов с режимом растворенного газа, для газонапорного режима для пластовой шпиги и, как исключение, для пластов с неэффективным (режим испорченным режимом).

В связи с тем, что характеристику суммарного дебита скважины определяют величиной начального дебита и динамикой его изменения до конца «жизни» скважины, все типы кривых могут быть разделены на две основные группы: кривые начального дебита и кривые производительности. Первые служат для определения возможного начального дебита скважины, которые еще не пробурены. Вторые позволяют определить темп падения какого-либо известного нам дебита (начального или текущего) до конца «жизни» скважины.

Исследования показали, что применение кривых начального дебита для определения начальных среднесуточных дебитов в новых скважинах является целесообразным. С этой целью в настоящее время пользуются кривой расстояние — время, а данными текущих дебитов со скважины скважины в момент вступления новой скважины в эксплуатацию. Для разбуренных пластов начальный дебит определяют по данным аналогии с ближайшими, геологически сходными разбуренными пластами.

После определения начального среднесуточного дебита в скважине строят вероятную кривую производительности для выяснения темпа падения начального дебита по годам и вычисления, таким образом, запасов нефти по данной скважине. В противоположность другим типам кривых при построении рассматриваемой кривой корреляция целых кривых падения дебита по скважинам не проводится и темп падения дебита в пределах отдельных скважин изучается путем исследования характера падения последующих дебитов в зависимости от предыдущих. В отличие от обычной (нормальной) кривой производительности кривая, построенная на основе корреляции двух ближайших дебитов, названа вероятной кривой производительности в связи с использованием при ее построении методов, применяемых в теории вероятностей.

Для выявления формы связи между двумя ближайшими дебитами в целях подсчета запасов нефти впервые в СССР были применены корреляционные таблицы, которые упорядочили построение кривых и позволили получить объективное суждение о форме связи между дебитами на основе анализа с помощью методов математической статистики. Применение таблиц обеспечило наглядное изображение изучаемых закономерностей.

Составленные корреляционные таблицы подвергаются тщательному геолого-техническому анализу с целью изучения отдельных точек, далеко уклоняющихся от общей тенденции расположения их в таблице. Путем такого анализа выявляются те дополнительные факторы, которые должны быть учтены при последующем построении кривых, а также исключаются данные, не отвечающие общей тенденции расположения точек.

В целях более удобного использования вероятных кривых производительности для планирования корреляция двух ближайших дебитов ведется не по годовой добыче, а по среднесуточной (вычисленной по месяцам эксплуатации).

Пусть, например, имеются дебиты по скважинам какого-либо исследуемого пласта (табл. 61). Для удобства разности в корреляционную таблицу дебиты показываются в логарифмах. Интервал для дебитов в логарифмах принимается, как указывалось выше, равным 0,1.

Форма регистрации среднесуточных дебитов

№ скважины	Год и месяц эксплуатации	Среднесуточные дебиты	№ скважины	Год и месяц эксплуатации	Среднесуточные дебиты
5	1929 II—III	10,2	19	1932 IV	13,0
	IV	9,9		V	12,6 <sup>1</sup>
	V	9,6		VI	12,2
	VI	9,0		VII	11,8
	VII—VIII	8,8		VIII	11,5
	IX	8,4		IX	11,2
7	1930 III—IV	21,8	6	1933 IV	4,2
	V	20,9		V	4,1
	VI	20,1		VI	4,0
	VII	19,0		VII	3,9
	VIII	17,0		VIII	3,8
	IX	18,0		IX	3,5
14	1931 III—IV	8,0			
	V	7,7			
	VI	7,5			
	VII	7,3			
	VIII	7,1			
	IX	6,9			

Имеющиеся дебиты разносятся в корреляционную табл. 62 по каждой скважине отдельно, например для скв. 5—предыдущий 10,2, последующий 9,9, предыдущий 9,9, последующий 9,6 и т. д.

После разноски дебитов в корреляционную таблицу вычисляют средние арифметически взвешенные последующие дебиты, например  $\frac{1,35 \cdot 2 + 1,25 \cdot 1}{3} = 1,317$  для первой графы и т. д. и таким образом получают предыдущие и последующие дебиты, определяющие вид вероятной кривой производительности.

Расчет запасов статистическим методом с использованием вероятной кривой производительности для различных категорий запасов ведется следующим образом.

Общая схема подсчета запасов нефти статистическим методом. Подсчитываемые цифры промышленных запасов несколько меняются в зависимости от системы и темпа разработки. Для получения сравнимых цифр по отдельным месторождениям вводят следующие условия:

а) скважины условно проектируются на пласт по равномерной треугольной сетке в соответствии с принятой системой разработки, имея в виду, что при батарейных схемах размещения скважин статистический метод обычно не применяется;

б) все возможные и намеченные к бурению (согласно принятому расстоянию) скважины предполагаются введенными в эксплуатацию на дату подсчета (обычно на 1 января календарного года). Затем на подсчетных планах отдельных пластов проводят современный и первоначальный контуры нефтеносности и выделяют границы запасов по категориям: разведанные, видимые и предполагаемые.

Корреляционная таблица предельных и последующих дебитов

Таблица 62

Классы	Последующий дебит $V_x$											$V_x$	Средний последующий дебит $V_x$				
	Пределуший дебит $V_y$																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
Средний для группы	1,35	1,25	1,15	1,05	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55								
Предел для группы	1,30 1,30	1,30 1,20	1,20 1,10	1,10 1,00	1,00 0,90	0,90 0,80	0,80 0,70	0,70 0,60	0,60 0,50								
Числа	25,1 20,0	19,9 15,9	15,8 12,6	12,5 10,0	9,99 7,94	7,93 6,31	6,30 5,01	5,00 3,98	3,97 3,16								
9	1,35															3,950	1,317
8	1,25	11(2)														2,500	1,250
7	1,15		1(1)													2,200	1,100
6	1,05			111(3)	1(1)											4,100	1,025
5	0,95				111(4)	1(1)										4,650	0,930
4	0,85					111(4)										3,400	0,850
3	0,75															—	—
2	0,65											11(2)	1(1)	3	1,850	0,616	
1	0,55													11(2)	2	1,100	0,550
$V_y$		2	3	1	4	5	5	0	2	3	25						

1. Запас категории  $A_1$  (подготовленный или остаточный). Для расчета запаса категории  $A_1$  применяется одна вероятная кривая производительности и составляются две таблицы: а) исходных данных на основе составленной вероятной кривой производительности (табл. 63) и б) фактических данных о фондах скважин, находящихся в эксплуатации по исследуемому пласту, на дату расчета (табл. 64).

Таблица 63

Таблица 64

Таблица исходных данных

Интервалы дебита	Месячный коэффициент падения

Таблица фактических данных

Интервалы дебита	Число скважин в эксплуатации	Средний дебит на 1 скв. на дату подсчета

Составление исходной таблицы значительно облегчает весь расчет. Пусть имеются два дебита — предыдущий и последующий, — соответственно равные, допустим, 100 и 80 *т/сутки*.

Отношение последующего дебита к предыдущему называется месячным коэффициентом падения<sup>1</sup>, который в данном случае равен

$$\frac{80}{100} = 0,8$$

Зная указанный месячный коэффициент падения, легко вычислить все последующие дебиты. Действительно, после 80 *т/сутки* будет  $80 \cdot 0,8 = 64$  *т/сутки*; затем  $64 \cdot 0,8 = 51,2$  *т/сутки* и т. д.

Таким образом, можно вычислить все последующие дебиты, не прибегая к громоздким и утомительным вычислениям непосредственно по кривой. В связи с этим и составляют исходную табл. 63 по данным построенной кривой, учитывая, что величина месячного коэффициента падения не будет постоянной для всех участков кривой.

Помимо составления исходной таблицы, необходимо определить фонды скважин, находящиеся в эксплуатации, и средний дебит (входной) скважины на дату подсчета. Для этого все эксплуатационные скважины разбиваются по интервалам дебита в соответствии с интервалами дебитов по вероятной кривой производительности, для которых вычислены соответствующие среднемесячные коэффициенты падения. Затем вычисляется средний текущий (входной) дебит на одну скважину (как средняя арифметическая величина) и далее ведется расчет остаточных запасов.

Пусть, например, согласно ранее указанной корреляционной таблице (см. табл. 62), имеются следующие дебиты в логарифмах (табл. 65).

<sup>1</sup> Обычно при планировании пользуются термином „месячный коэффициент изменения“, так как последующий дебит не обязательно должен быть меньше предыдущего дебита.

Месячные коэффициенты падения

Таблица 65

Дебит в логарифмах		Месячные коэффициенты падения		
предыдущий	последующий	в логарифмах	сглаженные скользящей средней	в числах
1,350	1,317	-0,033	—	—
1,250	1,250	0,000	-0,028	0,937
1,150	1,100	-0,050	-0,025	0,944
1,050	1,025	-0,025	-0,031	0,931
0,950	0,930	-0,020	-0,015	0,966
0,850	0,850	0,000	-0,021	0,953
0,650	0,616	-0,034	-0,011	0,968
0,550	0,550	0,000	—	—

Табл. 65 составляется следующим образом: из последующих логарифмов вычитаются предыдущие и определяются месячные коэффициенты падения, которые сглаживаются методом скользящей средней (в логарифмах), при этом берется последовательно сумма первых трех, деленная на 3

$$\frac{0,033 + 0,00 + 0,050}{3} = 0,028,$$

затем следующих трех

$$\frac{0,000 + 0,050 + 0,025}{3} = 0,025,$$

и т. д.

После этого вычисляются антилогарифмы и получаются месячные коэффициенты падения в числах, объединяемые в два-три интервала (в данном случае в два интервала). Первый интервал

$$\frac{0,937 + 0,944 + 0,931}{3} = 0,935;$$

второй интервал

$$\frac{0,966 + 0,953 + 0,968}{3} = 0,962.$$

Таким образом, получаются следующие интервалы дебитов и соответствующие месячные коэффициенты падения (табл. 66).

Таблица 66

в логарифмах	Интервал дебитов		Среднемесячный коэффициент падения
	в числах		
	от	до	
1,350—1,025	22,4	10,6	0,935
1,025— до минимального среднесуточного рентабельного предела	10,5	0,5	0,962

Для интервалов дебитов, начиная с 10,5 т и ниже, принимается один и тот же месячный коэффициент падения до конца «жизни» скважины. Конечный среднесуточный дебит принимается условно 0,5 т.

Величина минимального среднесуточного рентабельного дебита зависит от глубины скважины, метода и условий эксплуатации, качества нефти и других экономических факторов.

По интервалам дебитов (см. табл. 66) разбиваются все эксплуатационные скважины на группы по их текущему среднесуточному дебиту и определяется их входной дебит.

Пусть, например, в эксплуатации по данному пласту находятся 10 скважин со среднесуточной добычей 15 т на одну скважину данной группы и 15 скважин со среднесуточной добычей 7 т на одну скважину. Средний входной дебит на скважину первой группы принимается равным 15 т и второй группы — 7 т.

Особой задачей является учет временно простаивающих скважин, для которых следует принимать либо последний среднесуточный дебит перед остановкой (если эта остановка продолжалась не более двух-трех месяцев до начала подсчета запасов), либо текущий дебит одной из указанных выше групп эксплуатационных скважин, к которой может быть отнесена та или другая простаивающая скважина.

Расчет остаточного запаса по указанным двум группам ведется следующим образом.

Первая группа — 10 скважин с входным дебитом 15 т.

$$S_1 = \frac{a_1 - a_1 k_1}{1 - k_1} - a_1, \quad (190)$$

где  $S_1$  — сумма дебитов для одной скважины в интервале 22,4 — 10,6;  
 $a_1$  — входной дебит первого интервала, равный 15 т;  
 $a_2$  — конечный дебит первого интервала, равный 10,6 т;  
 $k_1$  — среднемесячный коэффициент падения первого интервала, равный 0,935.

Таким образом

$$S_1 = \frac{15 - 10,6 \times 0,935}{1 - 0,935} - 15 = 63,3.$$

Для второго интервала этой же группы скважин

$$S_2 = \frac{a_2 - a_2 k_2}{1 - k_2} - a_2, \quad (191)$$

где  $S_2$  — сумма дебитов для одной скважины в интервале 10,5 — 0,5 т;  
 $a_2$  — входной дебит второго интервала, равный 10,5 т;  
 $a_n$  — минимальный среднесуточный рентабельный дебит, равный 0,5 т;  
 $k_2$  — среднемесячный коэффициент падения второго интервала, равный 0,962.

Таким образом

$$S_2 = \frac{10,5 - 0,5 \times 0,962}{1 - 0,962} - 10,5 = 253,2.$$

Остаточный запас для первой группы скважин составит

$$(253,2 + 63,3) 30 \times 10 \times 0,8 = 75960 \text{ т},$$

где 30 — число дней в месяце;

10 — число скважин первой группы;

0,8 — коэффициент эксплуатации.

Вторая группа — 15 скважин с входным дебитом 7 т.

Согласно указанному выше

$$S_3 = \frac{7 - 0,5 \times 0,962}{1 - 0,962} - 7 = 164,5.$$

Остаточный запас для второй группы скважин составит

$$164,5 \times 30 \times 15 \times 0,8 = 59220 \text{ т}.$$

Общий остаточный запас по всем эксплуатационным скважинам (25 скважин) составит  $75\ 960 + 59\ 220 = 135\ 180$  т.

2. Запас категории  $A_2$  (разведанный). При расчете запаса категории  $A_2$  по плану разработки определяется фонд скважино-точек категории  $A_2$ . В эту категорию включаются бурящиеся скважины, проектируемые и возвратные (а также возможные к углублению) на данный пласт.

Полагаем, что все указанные скважины вводятся в эксплуатацию одновременно на день подсчета.

По аналогии с соседними разбуренными пластами определяется начальный среднесуточный дебит на одну скважину. Допустим, что этот дебит составляет  $15,5$  т/сутки, фонд скважин категории  $A_2$ , подсчитанный по плану разработки, — 5 скважин. Затем по вероятной кривой производительности определяются все последующие дебиты до минимального рентабельного дебита.

Пользуясь табл. 61, вычисляется разведанный запас на одну скважину:

$$S_1 = \frac{15,5 - 10,6 \times 0,935}{1 - 0,935} = 86 \text{ т,}$$

$$S_2 = \frac{10,5 - 0,5 \times 0,962}{1 - 0,962} - 10,5 = 253,2 \text{ т.}$$

Отсюда разведанные запасы нефти составят

$$(86 + 253,2) \times 30 \times 5 \times 0,8 = 40704 \text{ т,}$$

где 30 — число дней в месяце;

5 — число скважино-точек фонда  $A_2$ ;

0,8 — коэффициент эксплуатации.

3. Запасы категории В и С. 1) Запас категории В (видимый запас). Предварительно в пределах видимого контура нефтеносности проектируются скважины согласно принятому расстоянию между ними и подсчитывается их фонд. По аналогии с разбуренными площадями и с учетом имеющихся данных по скважинам на подсчетной площади принимается начальный среднесуточный дебит. Затем пользуются вероятной кривой производительности, составленной для разбуренной площади. В дальнейшем весь расчет запасов ведется подобно разведанным запасам категории  $A_2$ . При невозможности проведения аналогии между площадью видимых и разведанных запасов подсчет запасов для категории В производится либо объемным методом, либо по запасу на 1 га площади по аналогии с разбуренной, изученной и истощенной площадью.

2) Запас категории  $C_1$  (предполагаемый). Запасы указанной категории обычно подсчитывают объемным методом, выбирая коэффициенты, полученные на разбуренной площади. В этом случае необходимо провести достаточные геологические исследования для правильного выбора нужных коэффициентов по принципу аналогии. Кривые при подсчете запасов этой категории применяются редко вследствие затруднительности проведения аналогии между предполагаемыми и разведанными запасами, необходимой при использовании соответствующих графиков.

3) Запас категории  $C_2$  (перспективный). Указанные запасы обычно подсчитывают либо объемным методом (при этом коэффициенты выбирают по аналогии с детально разведанными площадями), либо по расчету на 1 га площади (также по аналогии с разбуренной площадью).

Особенно важно при расчете запасов для низких категорий установить возможные размеры продуктивной площади. Для этого принимаются во внимание общие геологические соображения и данные о размерах разбуренных продуктивных площадей соответствующей нефтяной провинции.

Опыт показывает, что наибольшие расхождения в цифрах подсчетов запасов происходят в результате отсутствия единого метода определения размеров возможной продуктивной площади. Поэтому, применяя метод аналогий, можно использовать следующий способ определения размера вероятной продуктивной площади.

По уже известным в данном месторождении эксплуатационным горизонтам на структурной карте измеряются: а) средняя площадь нефтеносности (как среднее значение для ряда горизонтов)  $S$ ; б) площадь структуры  $S_1$  по изогипсе, совпадающей с каким-либо стратиграфическим горизонтом геологической карты.

Вычисляется отношение (в %)

$$\psi = \frac{S}{S_1} \cdot 100. \quad (192)$$

Значениями  $\psi$ , установленными по эксплуатационным пластам ряда месторождений данного района, можно пользоваться для определения размера площадей возможной нефтеносности более глубоких горизонтов, еще не разведанных, и для определения размера площадей нефтеносности новых структур.

Определив площадь новой структуры (или более глубокого горизонта) по границам тех же стратиграфических горизонтов ( $S_2$ ), получим возможную площадь нефтеносности

$$S_x = \frac{S_2 \psi}{100}. \quad (193)$$

При наличии тех или других фациальных изменений на новой площади, по сравнению с изученной, вводится некоторая поправка к величине коэффициента  $\psi$  на основе геологических предположений.

При подсчете запасов нефти статистическим методом по месторождениям с газонапорным режимом или режимом растворенного газа необходимо наличие:

- а) данных о продолжительности эксплуатации нескольких скважин за период не менее одного года;
- б) материалов, обосновывающих принятую схему разработки и намечаемый темп ввода скважин в эксплуатацию по годам;
- в) сведений о режиме работы горизонта, о пластовом давлении и динамике продвижения контура водоносности.

### 3. Метод материального баланса

Метод материального баланса основан на изучении изменении физических свойств жидкости и газа, содержащихся в пласте, и их соотношений в зависимости от изменения давления в процессе разработки. В процессе извлечения жидкости (нефти и воды) и газа в пласте происходит непрерывное перераспределение нефти, воды и газа вследствие изменения пластового давления. Эти изменения в распределении и связанные с этим изменения физического состояния газа и нефти используются при подсчете запасов нефти по уравнению материального баланса.

Следует иметь в виду, что имевшееся в начальную стадию разработки равновесное состояние в пласте в процессе эксплуатации нарушается, особенно при наличии в пласте значительных фациальных изменений. Это затрудняет возможность точного определения среднего пластового давления, при котором определяется значение всех коэффициентов, входящих в формулу подсчета запасов по способу материального баланса. В связи с этим на дату расчета следует строить карту изобар, по которой более точно можно подсчитать среднее арифметически взвешенное по площади пластовое давление. Это давление и является исход-

ным для определения всех параметров, зависящих от пластового давления.

В отдельных случаях при больших аномалиях в распределении пластовых давлений подсчет среднего пластового давления является менее точным, что может значительно снизить точность определения отдельных параметров.

Применение метода материального баланса требует тщательного изучения пласта с самого начала разработки. Для этого необходимо вести систематические замеры пластовых давлений в скважинах глубинными манометрами, точный отбор нефти, газа и воды, подробные исследования кернов и глубинных проб нефти.

Все геологопромысловые исследования должны проводиться систематично и с максимальной точностью.

Вывод уравнений материального баланса основан либо на изучении баланса между первоначально содержащимися и добытыми, а также оставшимися в недрах углеводородами, либо на определении освобожденного объема в пласте в процессе добычи нефти, воды и газа. При всех выводах уравнений принимаются следующие обозначения:  $Q_0$  — накопленная добыча нефти в объемах при стандартных условиях;  $Q_s$  — баланс при стандартных условиях;  $r$  — число объемов газа, растворенного в одном объеме нефти при среднем пластовом давлении (на дату составления уравнения баланса), замеренного при стандартных условиях;  $r_0$  — число объемов газа, растворенного в одном объеме нефти при среднем начальном пластовом давлении  $P_0$ , замеренного при стандартных условиях;  $U_e$  — объемный коэффициент (однофазный) пластовой нефти на дату расчета (при растворении в нефти  $r$  м<sup>3</sup> газа при давлении  $P$  на дату расчета);  $U_0$  — объемный коэффициент (однофазный) пластовой нефти на начало разработки (при растворении в нефти  $r_0$  м<sup>3</sup> газа при начальном давлении  $P_0$ );  $V$  — объемный коэффициент пластового газа при давлении  $P$  на дату расчета; он равен

$$V = \frac{1}{P} \frac{T + t_{n,1}}{T + t_{cm}} \left[ \frac{PV}{RT} \right] \quad (194)$$

где  $\left[ \frac{PV}{RT} \right]$  — коэффициент сжатия углеводородного газа при давлении  $P$ , определяемый по соответствующим графикам;  
 $t_{n,1}$  — пластовая температура, °C;  
 $t_{cm}$  — стандартная температура, 15° C;  
 $T$  — абсолютная температура;

$V_0$  — объемный коэффициент пластового газа при давлении  $P_0$  на начальную дату (имеет то же выражение, что и  $V$ , но при давлении  $P_0$ );  
 $r_p$  — средний газовый фактор за период добычи  $Q_s$  объемов нефти (т. е. за период падения давления от  $P_0$  до  $P$ ), отнесенный к стандартным условиям и определяемый, как частное от деления накопленной добычи газа к накопленной добыче нефти на дату расчета;  $Q_g$  — баланс запасов свободного газа в газовой шапке, в объемах, при стандартных условиях;  $m$  — отношение объема газа, находящегося в газовой шапке, в пластовых условиях к объему нефти с растворенным в ней газом тоже в пластовых условиях на начало разработки (при постоянной мощности пласта это отношение равно частному от деления площади, ограниченной контуром газоносности, к площади нефтеносности, расположенной между контурами газоносности и нефтеносности)

$$m = \frac{Q_g V_0}{Q_0 U_0} \quad (195)$$

откуда можно определить

$$Q_g V_0 = m Q_0 U_0 \quad (196)$$

$$Q_g = \frac{m Q_0 U_0}{V_0}; \quad (197)$$

$W$  — количество вошедшей в пласт воды в объемных единицах за период падения давления от  $P_0$  до  $P$ , замеренное при стандартных условиях;  $w$  — количество добытой воды в объемных единицах за период падения давления от  $P_0$  до  $P$ , замеренное при стандартных условиях;  $U$  — двухфазный объемный коэффициент (совместно пластовой нефти и газа — нефтегазовой смеси), учитывающий изменение единицы объема нефти при контактном методе ее исследования путем снижения давления от  $P_0$  до  $P$ . В этом случае при снижении давления из нефти выделяется  $r_0 - r$  объемов газа, которое, находясь в контакте с нефтью, при давлении  $P$  занимает объем  $(r_0 - r) V$ ; тогда двухфазный коэффициент получит выражение

$$U = U_e + (r_0 - r) V, \quad (198)$$

а однофазный

$$U_e = U - r_0 V + r V. \quad (199)$$

В связи с этим необходимо иметь в виду, что однофазный коэффициент пластовой нефти изменяется прямо пропорционально, а двухфазный — обратно пропорционально изменению пластового давления (за счет своей газовой фазы).

Ниже приводится вывод уравнения баланса.

Пласт содержит насыщенную газом нефть; к началу разработки имеется газовая шапка; в процессе разработки наблюдается продвижение контурных вод. Рассмотрим баланс газа (в объемных единицах) при извлечении  $Q_g$  объемов нефти и при падении давления от  $P_0$  до  $P$ .

1. Первоначальное содержание газа в пласте в начале разработки, замеренное при стандартных условиях, в объемных единицах:

1) в виде свободного газа в пределах газовой шапки по формуле (197);

2) в виде растворенного газа в нефти.

Таким образом, первоначальное содержание газа в пласте в начале разработки, при стандартных условиях, равно

$$\frac{m Q_0 U_0}{V_0} = Q_0 r_0.$$

2. Добыча газа, извлеченного совместно с  $Q_g$  объемами нефти на дату подсчета, когда среднее пластовое давление в пласте стало равным  $P$  в объемных единицах (при стандартных условиях).

3. Остаток газа (в объемных единицах) в пласте на дату подсчета при давлении  $P$  (при стандартных условиях):

1) в виде свободного газа в объеме первоначальной газовой шапки, по формуле (197), заменяя в формуле  $V_0$  на  $V$ ;

2) в виде свободного газа, заполнившего освобожденный объем в пласте: а) за счет усадки оставшейся в пласте нефти в размере

$$(Q_0 - Q_g)(U_0 - U_e);$$

б) за счет освобождения объема в результате извлечения  $Q_g$  объемов нефти в размере  $Q_g U_0$ .

Таким образом, общий освобожденный объем пор составит

$$(Q_0 - Q_g)(U_0 - U_e) + Q_g U_0.$$

Остаток не весь освобожденный объем пласта может быть заполнен свободным газом, часть его заполняется вступившей в пласт водой, объем которой за вычетом добытой воды составляет  $W - w$ .

Поэтому освобожденный объем пор за счет усадки нефти и извлечения  $Q_s$  объемов нефти должен быть уменьшен в пластовых условиях на величину  $W - w$  и составит

$$(Q_0 - Q_s)(U_0 - U_e) + Q_s U_0 - (W - w).$$

Затем освобожденный объем пор заполняется свободным газом, выдвинувшимся из пласта при падении давления от  $P_0$  до  $P$ . При давлении  $P$  в указанном объеме поместится следующее количество объемов газа, замеряемое при стандартных условиях:

$$\frac{(Q_0 - Q_s)(U_0 - U_e) + Q_s U_0 - (W - w)}{V};$$

2) в виде растворенного объема газа в оставшейся нефти

$$(Q_0 - Q_s)r.$$

Уравнение материального баланса в этом случае принимает следующий вид при условии, что добыча газа из газовой шапки не производится:

$$\begin{aligned} \frac{mQ_0 U'_0}{V_0} + Q_s r_0 &= Q_s r_p + (Q_0 - Q_s)r + \frac{mQ_0 U_0}{V} + \\ &+ \frac{Q_s U_0 + (Q_0 - Q_s)(U_0 - U_e) - (W - w)}{V}. \end{aligned} \quad (200)$$

После упрощения получим:

$$Q_0 \left( \frac{mU'_0}{V_0} - \frac{mU_0 + U_0 - U_e}{V} + r_0 - r \right) = Q_s \left( r_p - r + \frac{U_e}{V} \right) - \frac{W - w}{V}.$$

Удобнее оперировать не с величиной  $U_e$ , а с величиной  $U$ . Поэтому, заменив  $U_e$  через равное ему выражение (см. форм. 199), получим:

$$Q_0 \left[ \frac{mU'_0}{V_0} - \frac{mU_0 + U_0 - U + (r_0 - r)V}{V} + r_0 - r \right] = Q_s \left[ r_p - r + \frac{U - (r_0 - r)V}{V} \right] - \frac{W - w}{V}; \quad (201)$$

после упрощения уравнение примет вид:

$$Q_0 \left( \frac{mU_0}{V_0} - \frac{mU_0}{V} - \frac{U_0 - U}{V} \right) = \frac{Q_s [U + (r_p - r_0)V] - (W - w)}{V};$$

откуда

$$Q_0 = \frac{Q_s [U + (r_p - r_0)V] - (W - w)}{U - U_0 + \frac{mU_0}{V_0}(V - V_0)}. \quad (202)$$

Для режима растворенного газа, т. е. при  $m = 0$  и  $W - w = 0$ , уравнение (202) будет следующим:

$$Q_0 = \frac{Q_s [U + (r_p - r_0)V]}{U - U_0}. \quad (203)$$

Для подсчета запасов нефти в залежи, не имеющей в начальный период разработки газовой шапки ( $m = 0$ ), но в которой наблюдается продвижение контурных вод, уравнение (202) примет следующий вид:

$$Q_0 = \frac{Q_s [U + (r_p - r_0)V] - (W - w)}{U - U_0}. \quad (204)$$

И, наконец, для залежи, в которой в начальный период разработки имеется газовая шапка, но продвижение контурных вод отсутствует, т. е.  $W - w = 0$ , формула принимает вид:

$$Q_0 = \frac{Q_s [U + (r_p - r_0) V]}{U - U_0 + \frac{mU_0}{V_0} (V - V_0)}. \quad (205)$$

Согласно инструкции при подсчете запасов методом материальных балансов необходимо иметь:

- а) данные лабораторных исследований о растворимости газа и нефти и изменении в связи с этим объема нефти в пластовых условиях при различных давлениях;
- б) данные об изменении объема углеводородных газов при различных давлениях с учетом отклонения их от законов идеальных газов;
- в) сведения о контурах газоносности и нефтеносности, а также данные о среднем газовом факторе;
- г) данные о добыче нефти, газа и воды с начала разработки горизонта;
- д) сведения о режиме работы горизонта и данные о динамике изменений пластовых давлений, а также все исходные данные для составления карт изобар.

## Б. МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ГАЗА

При подсчете запасов свободного газа обычно применяют объемный метод и метод по падению давления.

### 1. Объемный метод

При расчете запасов по объемному методу первоначальное содержание газа в коллекторе может быть определено на основе изучения геологических, физических и химических особенностей, характеризующих газовое месторождение.

Знание структурных форм и особенностей геологического строения месторождения облегчает расчет подземных запасов газа. Основной задачей является определение размера порового пространства коллектора, являющегося вмещающим для газа.

Однако для расчета запасов газа недостаточно знания коллекторских свойств пласта, условий распределения в нем газа и границ залежи; необходимо изучение и физических особенностей газа, его поведения в процессе изменения давления и температуры, а также определение пластового давления, под которым находится газ, пластовой температуры, химического состава газа и процентного содержания отдельных составляющих его компонентов. Для чисто газовых месторождений изучение указанного вопроса не представляет затруднений, поскольку состав газа обычно однороден и постоянен; при наличии же каких-либо изменений таковые совершаются медленно, постепенно и происходят в газовых залежах, подстилаемых водой, содержащей в растворе  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . В этом случае, по мере снижения давления легко растворимые в воде  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  будут выделяться из раствора, и газ будет обогащаться этими компонентами. Изменение химического состава газа часто происходит также в газовых шапках газо-нефтяных месторождений. По мере эксплуатации таких залежей и снижения пластового давления газ в шапке может обогащаться более тяжелыми углеводородами, выделяющимися из нефти при снижении давления.

Объемный метод подсчета запасов газа получил широкое распространение вследствие своей простоты и возможности получения необхо-

данных для расчета параметров уже в процессе разведки при пробной эксплуатации залежи газа.

Метод основывается на данных о геологических границах распространения залежи, характере порового пространства и соответствующем пластическом давлении.

Формула для подсчета запасов газа имеет следующий вид

$$V = Smzf(P_z - P_0 z_0) \mu k, \quad (206)$$

- где  $V$  — извлекаемый (промышленный) запас газа на дату расчета,  $m^3$ ;  
 $S$  — площадь в пределах продуктивного контура газоносности,  $m^2$ ;  
 $m$  — мощность пористой части газоносного пласта,  $m$ ;  
 $z$  — коэффициент пористости;  
 $f$  — поправка на температуру для приведения объема газа к стандартной температуре;  
 $P$  — среднее пластовое давление в залежи газа на дату расчета,  $атм$ ;  
 $P_0$  — конечное, среднее, остаточное давление ( $атм$ ) в залежи после извлечения промышленного запаса газа и установления на устье скважины давления, равного  $1 атм$ ;  
 $a$  и  $b$  — поправки на отклонение углеводородных газов от закона Бойля-Мариотта, соответственно для давлений  $P$  и  $P_0$ ;  
 $v$  — коэффициент газонасыщения с учетом содержания связанной воды;  
 $k$  — коэффициент отдачи, принимаемый, как указывалось выше, равным  $0,9$  для залежей газа с газовым режимом и  $0,8$  для залежей с водонапорным режимом.

Согласно решению секции Экспертно-технического Совета, утверждаемому Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР в качестве временного методического руководства при утверждении запасов газа в газовых залежах, коэффициент отдачи принято считать равным единице ( $k = 1$ ). В этом случае запасы газа газовых залежей и газовых шапок нефтяных залежей вне зависимости от режима пласта относят полностью к балансовым за исключением той их части, которая остается в пласте при остаточном давлении.

## 2. Метод по падению давления

Метод подсчета по падению давления применяется для пластов, в которых первоначальный объем пор, занятый газом, не меняет своей величины в процессе эксплуатации. Таким образом, для водонапорного режима указанный метод неприменим, хотя при неэффективном водонапорном режиме (при небольшом поступлении в пласт воды) подсчет запасов газа по этому методу все же возможен.

Формула по падению давления основана на предположении о постоянстве количества извлекаемого в объемах газа на  $1 ат$  падения давления во все периоды разработки газовой залежи.

Таким образом, если на первую дату из газовой залежи, давление в которой составляло  $P_1$ , было добыто (с начала разработки)  $Q_1$  объемов газа, а на вторую дату при давлении в залежи, равном  $P_2$ , —  $Q_2$  объемов газа, то за период разработки от первой до второй даты на  $1 ат$  падения давления добывалось

$$\frac{Q_2 - Q_1}{P_1 - P_2} \text{ газа.}$$

Полагая, что в дальнейшем при падении давления до некоторой конечной величины  $P_0$  будет добываться то же количество кубических

метров газа на 1 ат снижения давления, извлекаемый (промышленный) запас газа в кубических метрах по методу падения давления с учетом поправок на отклонение  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  (соответственно для давлений  $P_1$  и  $P_2$ ), будет подсчитываться по формуле

$$V = \frac{(Q_2 - Q_1)(P_2^{\alpha_2} - P_0^{\alpha_0})}{P_1^{\alpha_1} - P_2^{\alpha_2}} \quad (207)$$

Метод по падению давления не требует знания площади, мощности и пористости газоносного пласта, однако отсутствие учета мощности и вообще объемной характеристики пласта при вычислении среднего взвешенного пластового давления может иногда привести к большим погрешностям, особенно если давление в различных скважинах значительно разнится. Рассмотренный метод может применяться лишь для единой залежи газа, не разбитой на отдельные самостоятельные участки. В последнем случае расчет запасов должен производиться для каждого отдельного участка.

В качестве контроля для оценки возможности применения метода по падению давления служат расчеты количества полученного из залежи газа на 1 ат падения давления (с учетом поправок на отклонение) в разные периоды разработки. Если указанные цифры совпадают, метод может быть применен; если — не совпадают и в более поздние периоды разработки полученные цифры добытого газа на одну атмосферу снижения давления увеличиваются, то это указывает на наличие напора вод и вытеснения части объема газа за счет этого напора. В последнем случае в формулу следует ввести поправку на количество газа, вытесненное напором воды за данный интервал времени.

Количество газа ( $Q'$ ), вытесненное за счет напора воды в течение наблюдаемого интервала падения давления от  $P_1$  до  $P_2$ , определяется путем тщательного наблюдения за поведением давления и нахождения промежутков времени, в течение которых давление являлось постоянным. За эти промежутки времени и определяется количество вытесненного газа за счет напора воды. Тогда, так как для водонапорного режима остаточное давление не следует учитывать, формула (207) примет вид

$$V = \frac{(Q_2 - Q_1 - Q') \cdot P_2^{\alpha_2}}{P_1^{\alpha_1} - P_2^{\alpha_2}} \quad (208)$$

Если количество газа, вытесненное за счет напора воды, определить не удастся, то следует применять объемный метод. Метод по падению давления требует систематического изучения давлений на устье скважин (при временном их закрытии хотя бы на короткий срок) и проведения лабораторных исследований для изучения отклонений углеводородного газа от закона Бойля-Мариотта.

При подсчете запасов газа по падению давления согласно инструкции должны быть приведены:

- а) уточненные данные о количестве извлеченного газа за определенные отрезки времени;
- б) все сведения о результатах замеров образцовыми манометрами пластовых давлений по скважинам за те же отрезки времени;
- в) обоснование величины среднего пластового давления на дату подсчета запасов;
- г) сведения о режиме работы горизонта и динамике продвижения контура водоносности.

### 3. Подсчет запасов газа, растворенного в нефти

Растворимость газа в нефти, как известно, зависит от пластового давления, пластовой температуры, состава нефти и газа. Чем ближе по составу газ к нефти, тем больше растворимость газа, по принципу

«подобное в подобном»; в легкой нефти углеводородного газа растворяется больше, чем в тяжелой; тяжелый газ более растворим в нефти, чем сухой легкий газ, не содержащий бензина. Остальные составные части газовой смеси растворяются в нефти в различных количествах; метан растворим менее этана и т. д. Мало растворим в нефти азот, весьма мало растворим водород, легко растворяется углекислота. Растворимость углеводородных газов в нефти отклоняется от закона Генри. При больших давлениях растворимость газов возрастает быстрее увеличения давления; при небольших давлениях разгазирование нефти запаздывает по сравнению с падением давления.

При подсчете запасов газа, растворенного в нефти, расчет количества газа следует вести не по газовому фактору, зарегистрированному на поверхности, а по растворимости газа в нефти при данном пластовом давлении.

В связи с тем, что газовый фактор, определяемый по глубинным пробам, дает нередко преувеличенные цифры по сравнению с данными, полученными в трапе, следует общие запасы растворенного в нефти газа подсчитывать по данным исследования глубинных (пластовых) проб нефти, а балансовые запасы — по газовому фактору, замеренному на трапе при 1 атм, как средневзвешенную величину из полученных данных исследования и опробования скважин в начальный период разработки залежи. Для нефтяных залежей, имеющих водонапорный режим, балансовые запасы растворенного в нефти газа следует определять только по балансовым запасам нефти: при других (неводонапорных) режимах, когда коэффициент газоотдачи больше коэффициента нефтеотдачи, балансовые запасы растворенного в нефти газа следует подсчитывать, исходя из суммы извлекаемых и неизвлекаемых запасов нефти, по нижеследующей формуле

$$V_0 = Q_0 \cdot r_0 - Q_u \cdot U_0 \cdot P_e \cdot \alpha_e f - Q_n (U_0 - U_e) P_e \alpha_e f - Q_n \gamma \cdot r_e, \quad (209)$$

где  $V_0$  — извлекаемые запасы растворенного в нефти газа при стандартных условиях,  $м^3$ ;

$Q_0$  — балансовый запас нефти при стандартных условиях,  $т$ ;

$Q_u$  — извлекаемые запасы нефти при стандартных условиях,  $м^3$ ;

$Q_n$  — неизвлекаемые запасы нефти при стандартных условиях,  $м^3$ ;

$U_0$  — объемный коэффициент пластовой нефти на начальную дату разработки при давлении  $P_0$ ;

$U_e$  — объемный коэффициент пластовой нефти на конечную дату разработки при остаточном давлении  $P_e$ ;

$r_0$  — средневзвешенный первоначальный газовый фактор, замеренный на трапе при 1 атм,  $м^3/т$ ;

$r_e$  — остаточное количество газа, растворенное в нефти при остаточном давлении  $P_e$ ,  $м^3/т$ ;

$P_e$  — остаточное давление в пласте,  $атм$ ; для упрощения расчетов обычно принимают  $P_e = 10 атм$ ;

$\alpha_e$  — поправка за счет коэффициента сжимаемости газа для давления  $P_e$ ;

$f$  — поправка на температуру, равная

$$f = \frac{T + t_{cm}}{T + t_{na}}, \quad (210)$$

где  $t_{na}$  — пластовая температура,  $^{\circ}C$ ;

$\gamma$  — удельный вес нефти при стандартных условиях,  $т/м^3$ .

Таким образом, в пласте остается неизвлекаемый растворенный газ (остаточный) в неизвлекаемой нефти и свободный газ в поровом про-

странстве, освобожденном за счет извлекаемой нефти и усадки неизвлекаемой нефти.

В дальнейшем следует уточнить вопрос о величине остаточного давления ( $P_{ост}$ ) и величине остаточной растворимости газа в нефти при этом давлении.

Согласно решению секции (в феврале 1958 г.) Экспертно-технического Совета, утвержденного Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР, принято:

1) общие запасы растворенного в нефти газа определять по исследованию пластовых проб нефти; балансовые запасы растворенного в нефти газа — по газовому фактору, замеренному на трапе при 1 *ата*; газовый фактор принимать как средневзвешенную величину, получаемую при опробовании разведочных скважин и в начальный период разработки залежи;

2) балансовые запасы растворенного в нефти газа для нефтяных залежей с водонапорным режимом определять только по балансовым запасам нефти; для нефтяных залежей с другими (неводонапорными) режимами, где коэффициент газоотдачи больше коэффициента нефтеотдачи — из суммы извлекаемых и неизвлекаемых запасов нефти по несколько видоизмененной формуле Жданова

$$V = Q_{из} \cdot r_0 + Q_{н} (r_0 - q) - Q_{ин} \cdot P_{ост}, \quad (211)$$

где  $Q_{из}$  — извлекаемые запасы нефти, *т*;

$Q_{н}$  — неизвлекаемые запасы нефти, *т*;

$Q_{ин}$  — извлекаемые запасы нефти при пластовых условиях или объем порового пространства, занятого балансовыми запасами нефти, *м<sup>3</sup>*;

$q$  — остаточное количество газа на тонну нефти при остаточном пластовом давлении, равном 10 *ата*, *м<sup>3</sup>*;

$P_{ост}$  — остаточное пластовое давление к концу разработки, которое условно принимается равным 10 *ата*.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (209).

Таким образом, потери газа в недрах (т. е. неизвлекаемый газ) и по данной формуле состоят из остаточного количества газа, растворенного в неизвлекаемой нефти при остаточном пластовом давлении, равном 10 *ата*, и свободного газа в поровом пространстве, освобожденном в результате добычи извлекаемых запасов нефти. Общие запасы газа, содержащиеся в балансовых запасах нефти (извлекаемых и неизвлекаемых), определяются по газовому фактору, замеренному в отобранных пробах нефти.

Запасы растворенного газа в нефти более точно рассчитываются по формуле (209).

При расчетах запасов растворенного газа данные о растворимости газа в нефти должны приниматься на основании лабораторных исследований глубинных проб нефти. Экспериментально установлено, например для бакинских нефтей и газов, что погрешность действительной растворимости газов в нефти по сравнению с определениями по кривым, достигает нередко 100%. Погрешности обуславливаются также отсутствием учета в указанных кривых влияния пластовой температуры на растворимость газов в нефти. Практика подтверждает, что вследствие специфичности свойств пластовых нефтей большинства месторождений пользование обобщенными графиками растворимости с относительно малой погрешностью возможно лишь для каждого месторождения в отдельности.

## ГЛАВА XIII

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

#### Подсчет вековых запасов подземных вод

Вековыми запасами называется объем гравитационной воды, соответствующий величине водоотдачи; в безнапорных водоносных горизонтах — ниже зоны многолетних колебаний уровней, на участках напорных подземных вод — для всего водоносного горизонта.

Подсчет вековых запасов водоносного горизонта производится по формуле

$$Q_b = \sum_{i=1}^{i=n} m_i W_i, \quad (212)$$

где  $Q_b$  — вековые запасы,  $m^3$ ;

$m_i$  — коэффициент водоотдачи на отдельных участках водоносного горизонта;

$W_i$  — объем, занимаемый водоносным слоем на отдельных участках водоносного горизонта,  $m^3$ .

#### Расчет регулировочных запасов подземных вод

Регулировочные запасы, т. е. объем гравитационной воды, находящейся выше самых низких уровней безнапорных (грунтовых) вод, непрерывно изменяются по величине во времени. Эти запасы регулируют расход потока подземных вод. Между периодами питания подземных вод можно рассчитывать на использование регулировочных запасов.

Расчет регулировочных запасов чаще всего производится аналогично расчету вековых запасов по коэффициенту водоотдачи по формуле

$$Q_p = \sum_{i=1}^{i=n} m_i W_{pi} \quad (213)$$

где  $Q_p$  — регулировочные запасы;

$m_i$  — коэффициент водоотдачи на отдельных участках водоносного горизонта в зоне регулировочных запасов;

$W_{pi}$  — объем, занимаемый водоносной толщиной выше самого низкого стояния уровня воды на отдельных участках подземных вод со свободным зеркалом; определяется произведением амплитуды колебания уровня на площадь, в пределах которой происходит изменение положения этого уровня.

Зная размеры регулировочных запасов, можно определить годовой подземный сток. Когда питание водоносного горизонта происходит один раз в год, вычислить годовой сток можно приближенно по формуле

$$Q_z = 365 \frac{Q_p}{365 - t}, \quad (214)$$

где  $t$  — число дней, в продолжение которых происходит инфильтрация (отмечается повышением уровня грунтовых вод).

Аналогично подсчитывается годовой сток и в том случае, когда питание водоносного горизонта происходит несколько раз в год.

Для соответствующих гидрогеологических условий, когда имеются данные о питании водоносного горизонта, например, путем инфильтрации поверхностных вод (по месяцам или другим интервалам времени), и о стоке из водоносного горизонта, например, при полном его дренировании источниками (по тем же интервалам времени), то величину регулировочных запасов можно подсчитать для каждого принятого интервала времени интегральным методом. Такое решение можно получить графически — путем построения интегральных кривых питания и стока водоносного горизонта, или аналитически — в результате суммирования разницы между питанием и стоком по всем принятым интервалам времени. Подробности решения задачи определения регулировочных запасов интегральным методом изложены в работе Н. А. Плотникова (1959 г.).

#### Расчет расхода подземного потока

Расход подземного потока можно рассчитать несколькими методами: по формулам, основанным на линейном и нелинейном законах фильтрации; по действительной скорости; зоне питания колодца; радиусу влияния; методу пьезометрии и другими методами.

1. Расчеты расхода подземного потока по формулам, основанным на линейном и нелинейном законах фильтрации. Расход потока подземных вод подсчитывают по формулам, соответствующим определенным условиям<sup>1</sup>, но чаще всего по линейному закону фильтрации, пользуясь формулой Дарси

$$Q = KFJ, \quad (215)$$

где  $Q$  — расход подземного потока,  $м^3/сутки$ ;

$K$  — коэффициент фильтрации,  $м/сутки$ ;

$J$  — пьезометрический уклон;

$F$  — площадь поперечного сечения,  $м^2$ .

Для нелинейных законов фильтрации предложен ряд формул, из которых наибольшее распространение имеют формулы Смрекера (Smreker O., 1914; Smreker O., 1915; Принц Е., 1938); Кребера (Принц Е., 1938) и Краснопольского (Каменский, 1943).

Большое количество опытов показывает, что в природных условиях движение подземных вод не только в рыхлых, но и в трещиноватых породах происходит по линейному закону. Однако этот закон имеет границы применимости.

Для анализа условий применения линейного закона движения подземных вод в рыхлых породах Н. П. Павловский предложил формулу критического числа фильтрации ( $R_n$ )

$$R_n = \frac{1}{0.75p + 0.23} \cdot \frac{v \cdot d_s}{\nu}, \quad (216)$$

<sup>1</sup> См. работы Г. Н. Каменского, 1943, В. И. Аравина и С. Н. Нумерова, 1953 г., Н. А. Плотникова 1959 г. и др.

где  $P$  — коэффициент пористости (точнее — активной просветности —  $\delta$ );  
 $V$  — скорость фильтрации,  $см/сек$ ;  
 $d_p$  — эффективный диаметр зерен породы,  $см$ ;  
 $\nu$  — кинематический коэффициент вязкости,  $см^2/сек$ .

По Павловскому  $R_n =$  от 7 до 9. По позднейшим исследованиям В. Н. Шелкачева (1949)  $R_n$  изменяется от 1 до 12.

По данным Н. А. Плотникова, верхние границы  $R_n$  доходят до 14. Если расчеты расхода подземного потока ведутся для жидкостей, отличных от пресной воды, то вместо коэффициента фильтрации ( $K$ ) вводится коэффициент проницаемости в физических мерах единицы  $K_n$  в  $см/сек$ , в единицах дарси ( $\delta$ ) или миллидарси ( $0,001 \delta$ ).

2. Расчет расхода подземного потока по действительной скорости. Расход подземного потока по действительной скорости можно определять по следующей формуле

$$Q = V_d \delta F, \quad (217)$$

где  $Q$  — расход потока,  $м^3/сутки$ ;

$V_d$  — действительная скорость движения подземных вод,  $м/сутки$ ;

$F$  — площадь поперечного сечения подземного потока,  $м^2$ ;

$\delta$  — коэффициент активной просветности или фильтрующего сечения.

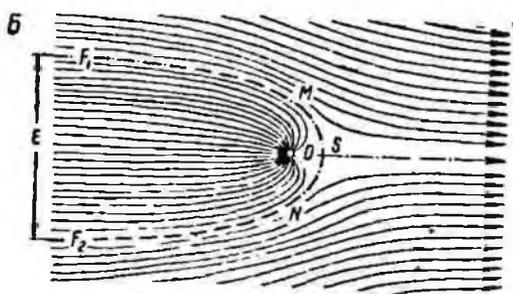
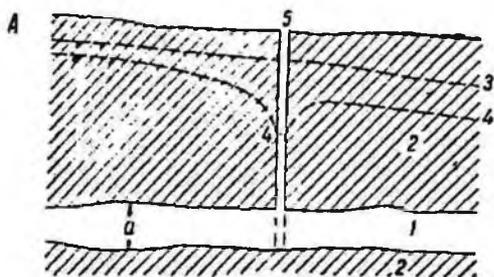


Рис. 244. Продольный разрез напорного подземного потока и схема движения воды в нем при откачке из одной скважины

А — продольный разрез подземного потока; Б — схема линий тока подземных вод в плане; 1 — водоносные породы; 2 — водоупорные породы; 3 — естественный пьезометрический уровень; 4 — уровень воды при откачке; 5 — скважина, из которой производилась откачка

эти токи не попадают в нее. Расстояние между асимптотами является шириной полосы питания колодца.

Аналогичную схему можно дать и для безнапорного (грунтового) потока подземных вод.

Для песчаных и гравийно-галечниковых отложений при небольшой примеси илесто-глинистых частиц вместо  $\delta$  можно, с небольшой ошибкой, принимать коэффициент пористости  $p$ .

Этот метод применим для однородного строения водоносной толщи и, по экономическим соображениям, для неглубоких подземных вод.

3. Расчет расхода подземного потока по зоне питания колодца при помощи построения гидроизогипс. Распределение токов движения воды в напорном потоке подземных вод при откачке из скважины показано на схеме (рис. 244), которая соответствует гидромеханическому анализу и опытным данным. Линия  $F_1MSNF_2$  ограничивает область питания скважины в потоке: внутри линии все токи движения воды направлены к скважине, за линией

Расчет единичного расхода подземного потока (на 1 пог. м ширины) по зоне питания колодца производится по формуле

$$q = \frac{Q_k}{E}, \quad (218)$$

где  $q$  — единичный расход потока, м<sup>3</sup>/сутки/м;  
 $Q_k$  — дебит колодца, м<sup>3</sup>/сутки;  
 $E$  — ширина зоны питания, м.

Определение ширины зоны питания при грунтовых водах практически производится в этом случае по карте гидроизогипс, которая составляется на основании данных наблюдательных точек. На этой карте выделяется зона питания, границы которой проводятся нормально к гидроизогипсам.

Следует отметить, что для построения надежной карты гидроизогипс необходимо большое количество наблюдательных точек. Поэтому метод определения расхода по зоне питания колодца может быть применен лишь для неглубоких подземных вод, для глубоких вод этот метод будет дорог.

4. Расчет расхода подземного потока по радиусу влияния. Для приближенного определения единичного расхода подземного потока (на 1 пог. м ширины), по данным откачки из колодца (скважины) и радиусу влияния, предлагается формула

$$q = e \frac{Q_k}{2R}, \quad (219)$$

где  $q$  — единичный расход подземного потока, м<sup>3</sup>/сутки/м;  
 $Q_k$  — дебит колодца, м<sup>3</sup>/сутки;  
 $R$  — радиус влияния колодца при дебите  $Q_k$ , м;  
 $e$  — поправочный коэффициент.

Длина радиуса влияния принимается нормально к направлению потока и определяется по опытным откачкам или расчетом по формулам, приведенным в специальных работах (Г. Н. Каменский, 1943, Е. Е. Керкис, 1955).

Так как радиус влияния значительно больше радиуса питания в районе колодца (поперек потока), то в формулу (219) вводится поправочный коэффициент  $e$  для того, чтобы величину  $\frac{2R}{e}$  приравнять к  $E$  в формуле (218). По опытным данным величина коэффициента колеблется от 2 до 5; в среднем эту величину можно принять около 3.

5. Расчет расхода подземного потока по методу пьезометрии. Расчет расхода для напорных нешироких подземных потоков производится по формуле

$$Q = \alpha \cdot J, \quad (220)$$

где  $Q$  — расход подземного потока;  
 $J$  — гидравлический уклон между двумя наблюдательными створами, расположенными нормально потоку;  
 $\alpha$  — водопроводимость, которая равна  $k_{cp} \cdot F_{cp}$ ,  
 где  $k_{cp}$  — средний коэффициент фильтрации;  
 $F_{cp}$  — средняя площадь поперечного сечения между двумя створами.

Для определения водопроводимости  $\alpha$  закладывается нормально к потоку створ  $D_1$  опытных или эксплуатационных скважин (рис. 245) с расстоянием между ними около 50—200 м. Ниже и выше створа  $D_1$

опытных или эксплуатационных скважин по оси потока закладываются две (лучше до четырех) наблюдательные скважины (1, 2 и 3, 4) для получения данных об уровнях. Расстояние между скважинами в створах 1—2 и 3—4 (по оси потока) берется около 250—1000 м. Ближайшие скважины должны быть удалены от створа  $D_1$  на такое расстояние, чтобы там в поперечном сечении потока отметки уровней воды были почти одинаковы, т. е. на расстояние примерно не меньше ширины подземного потока. Одновременно из всех скважин створа  $D_1$  производится откачка с двумя производительностями  $Q_I$  и  $Q_{II}$ . Каждая откачка ведется до установившегося динамического равновесия, т. е. до тех пор, пока уровни воды, а следовательно, и гидравлические уклоны в створах будут оставаться неизменными минимум в течение суток.

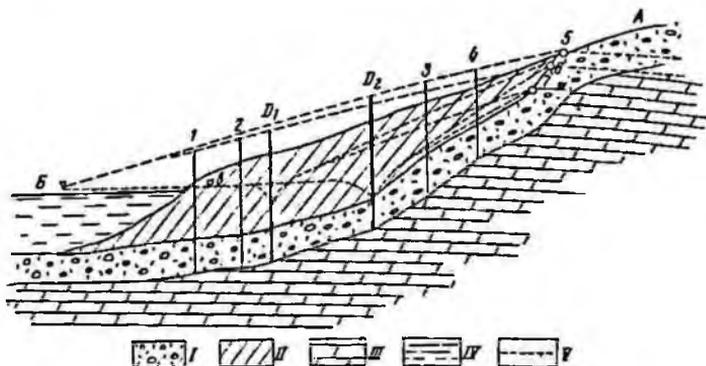


Рис. 245. Схема продольного разреза напорного подруслового потока небольшой ширины

*I* — песчано-галечниковые водоносные дрессированные отложения; *II* — глины и илестые водоносные отложения; *III* — мергели водоупорные, местами трещиноватые; *IV* — линия естественного пьезометрического уровня; *V* — линия пьезометрического уровня при эксплуатации подземных вод; *A* — область питания подземных вод; *B* — область дренирования подземных вод морем;  $D_1$  — I водозбор из скважин;  $D_2$  — II водозбор из скважин; 1, 2, 3 и 4 — наблюдательные скважины; 5 — отметки уровня подземных вод при обеспечении питания их в области *A*; 6 — отметка уровня подземных вод в естественных условиях при необеспеченном питании в области *A*; 7 — отметка уровня подземных вод при эксплуатации при необеспеченном питании в области *A*; 8 — отметка уровня напорных вод в створе скважин 1—2 при эксплуатации

Производительность  $Q_{II}$  желательно получать не менее, чем в два раза большую, сравнительно с производительностью  $Q_I$ , а  $Q_{II}$  — не менее  $1/10$  от предполагаемого расхода подземного потока. Во время откачки наблюдаются уровни воды в верхнем и нижнем створах. Это дает возможность определить гидравлические уклоны: при откачке с дебитом  $Q_I$  гидравлический уклон для верхнего створа —  $J'_n$ , для нижнего створа —  $J''_n$ ; при откачке с дебитом  $Q_{II}$  соответственно для верхнего створа —  $J'_n$ , для нижнего створа —  $J''_n$ .

Водопроводимость для верхнего створа определяется по формуле (Плотников, 1937)

$$\alpha_n = \frac{Q_{II} J'_n - Q_I J''_n}{J'_n J''_n - J'_n J''_n}; \quad (221)$$

для нижнего створа по формуле

$$\alpha_n = \frac{Q_{II} J'_n - Q_I J''_n}{J'_n J''_n - J'_n J''_n}. \quad (222)$$

Если, кроме периода откачек из створа  $D_1$ , наблюдения за уровнями в верхнем и нижнем створах велись и в другое время (без откачек) при минимальных и максимальных гидравлических уклонах, то по формуле (220) можно подсчитать минимальные и максимальные естественные расходы подземного потока.

Этот метод применим для подземных потоков ограниченной ширины — порядка до нескольких километров; при наличии на участках между верхним и нижним створами дополнительного питания водоносного горизонта оно должно быть учтено.

6. Расчет расхода подземного потока другими методами. Н. Е. Малишевский (1928) предложил определять расход напорного подземного потока *методом откачки по ширине питания двух скважин*. Этот метод теоретически ошибочен и в практике для широких потоков часто давал неудовлетворительные результаты. Анализ ошибок приведен в работе В. Н. Щелкачева (1947) и Н. А. Плотникова (1946, 1959).

Тим (Принц Е., 1938) предложил определять расход подземного потока *по сравнению удельных дебитов изученного и изучаемого сечений потока*. Этот метод не получил распространения, так как по данным откачек обычно определяют коэффициенты фильтрации и затем по формулам динамики подземных вод определяют расход подземного потока.

7. Изменение расхода подземного потока во времени. Величина расхода подземного потока в одном и том же поперечном сечении может меняться как по сезонам года, так и по отдельным годам. Это зависит в основном от изменения гидравлических уклонов, а следовательно, и скоростей движения воды. Кроме того, для вод со свободным зеркалом меняется также и мощность водоносного слоя; в результате изменяется расход подземного потока.

### Расчеты баланса подземных вод

1. Основы расчетов баланса подземных вод. Рассмотрим баланс отдельного участка водоносного горизонта за некоторый отрезок времени.

Приход воды может складываться из поступления:

- 1) с других участков того же водоносного горизонта  $W_1$ ;
- 2) с других водоносных горизонтов  $W_{1\delta}$ ;
- 3) из зоны аэрации  $W_{1a}$ ;
- 4) непосредственно с поверхности вод  $W_{1n}$ ;
- 5) из запасов подземных вод  $W_{1s}$  (например, понижение уровня воды для подземных вод со свободным зеркалом).

Расход воды из водоносного горизонта в свою очередь может складываться из расхода:

- 1) на другие участки того же водоносного горизонта  $W_{II}$ ;
- 2) в другие водоносные горизонты  $W_{II\delta}$ ;
- 3) в зону аэрации  $W_{IIa}$ ;
- 4) на транспирацию растений  $W_{IIm}$ ;
- 5) открытыми ключами  $W_{IIok}$ ;
- 6) подводными ключами  $W_{IInk}$ ;
- 7) воды, ушедшей в запас подземных вод  $W_{IIs}$  (например, повышение уровня воды для подземных вод со свободным зеркалом).

Изменения в балансе воды за счет химических и других подобных процессов на участке водоносного горизонта не учитываются, так как они относительно ничтожны.

Разность между количеством воды, ушедшей в запас подземных вод и водой, поступившей из их запасов, дает изменение запаса на отдельном участке за определенный период времени

$$W_{IIз} - W_{Iз} = mh,$$

где  $h$  — высота изменения слоя подземных вод<sup>1</sup>;  
 $m$  — коэффициент водоотдачи при понижении и при повышении уровня.

$$W_{IIз} - W_{Iз} = mh = (W_I + W_{Iд} + W_{Iа} + W_{Iп}) - (W_{II} + W_{IIд} + W_{IIа} + W_{IIм} + W_{IIок} + W_{IIлк}). \quad (223)$$

Перед членом  $mh$  может быть знак  $+$  или  $-$ , в зависимости от разности  $W_{IIз} - W_{Iз}$ .

После преобразования уравнение (223) примет вид

$$W_{IIз} - W_{Iз} = mh = \underbrace{[(W_I + W_{Iд}) - (W_{II} + W_{IIд})]}_{I \text{ член}} + \underbrace{[(W_{Iа} - W_{IIа}) - W_{IIм}]}_{II \text{ член}} + \underbrace{[W_{Iп} - (W_{IIок} + W_{IIлк})]}_{III \text{ член}}. \quad (224)$$

В правой части последнего балансового уравнения (224) член I определяется путем подсчетов расхода подземного потока по границам участка, член II — по балансу зоны аэрации, с учетом транспирации растений ( $W_{IIм}$ ) и член III — чаще гидрометрическим методом (если это возможно) или по балансу поверхностных вод.

Из практических соображений часто прибегают к упрощению подсчета элементов баланса, исключая те члены, которые мало влияют на точность. Тогда переходят к сокращенным балансовым расчетам.

2. Расчеты баланса подземных вод по инфильтрации атмосферных осадков. При балансовых анализах подземных вод по инфильтрации атмосферных осадков за расчетную принимается площадь поверхностного водосбора ( $F_n$ ), с которого происходит поступление воды на инфильтрацию. Коэффициентом инфильтрации атмосферных осадков подземного стока или просто коэффициентом инфильтрации называется отношение величины атмосферных осадков на площади питания подземных вод к величине осадков, поступивших в зону подземных вод.

Расчет инфильтрации атмосферных осадков производится по формуле

$$Q = 1000MaF_n, \quad (225)$$

где  $Q$  — количество просочившейся воды,  $м^3/год$ ;  
 $M$  — количество осадков, выпавших за год,  $мм$ ;  
 $a$  — коэффициент инфильтрации;  
 $F_n$  — площадь области питания,  $км^2$ .

В зависимости от различных условий (проницаемость пород, рельеф, климат, растительность и проч.) коэффициент инфильтрации колеблется от сотых долей до 0,4 и более. Величина коэффициента изменяется также по отдельным годам. В. Г. Ткачук (1949) предложила некоторое уточнение расчета инфильтрации с учетом подземного стока в период этой инфильтрации.

<sup>1</sup> Для грунтовых (или безнапорных) подземных вод это будет практически наблюдаемая высота изменения слоя этих вод.

Баланс грунтовых вод и величину инфильтрации атмосферных осадков можно определять по методу, предложенному Г. Н. Каменским (1943), пользуясь уравнением неустановившегося движения грунтовых вод в конечных разностях.

Анализ баланса грунтовых вод по этому методу рассмотрен, в частности, в работах Г. Н. Каменского (1943) и А. В. Лебедева (1954).

3. Определение расхода подземного потока по модулю подземного стока и модулю стока водоносного горизонта. Рассмотрим водоносные горизонты, изолированные от других горизонтов и питающиеся за счет атмосферных осадков и поверхностных вод. В этом случае модулем подземного стока будет называться средняя годовая величина питания подземных вод за счет атмосферных осадков в виде расхода, отнесенного к 1 км<sup>2</sup> площади поверхностного водосбора, который питает подземные воды (в л/сек · км<sup>2</sup>).

Если сток отнести к площади распространения водоносного горизонта, то получим понятие, которое называется модулем стока водоносного горизонта.

Модуль подземного стока аналогичен модулю поверхностного стока и позволяет легко сравнивать доли поверхностного и подземного стока на площади водосбора.

Расход подземного потока определяется по формулам:

$$Q = 86,4 m_1 F_n, \quad (226)$$

$$Q = 86,4 m_2 F, \quad (227)$$

где  $Q$  — расход подземного потока, м<sup>3</sup>/сутки;

$m_1$  — модуль подземного стока, л/сек · км<sup>2</sup>;

$m_2$  — модуль стока водоносного горизонта, л/сек · км<sup>2</sup>;

$F_n$  — площадь водосбора питания, км<sup>2</sup>;

$F$  — площадь распространения водоносного горизонта.

Модуль подземного стока и модуль стока водоносного горизонта можно вычислить по формулам:

$$m_1 = 0,0116 \frac{Q}{F_n}; \quad (228)$$

$$m_1 = 0,0317 M a; \quad (229)$$

$$m_2 = 0,0116 \frac{Q}{F}; \quad (230)$$

$$m_2 = 0,0317 a M a; \quad (231)$$

$$m_2 = a m_1, \quad (232)$$

где  $a$  — коэффициент инфильтрации;

$M$  — осадки за год, мм;

$a$  — отношение  $\frac{F_n}{F}$ .

Остальные обозначения те же.

Для больших по площади артезианских горизонтов модули стока водоносного горизонта обычно малы по сравнению с модулями стока для грунтовых вод. Например, для альб-сеноманского и юрского артезианских горизонтов вместе естественный модуль стока водоносного горизонта составляет величину порядка 0,002 л/сек · км<sup>2</sup>, т. е. примерно в 1400 раз меньше, чем для грунтовых вод Мытищинского бассейна или бассейна р. Пехорки.

4. Определение расхода подземного потока по дебиту источников. В некоторых районах, в частности в горных и предгорных, потоки подземных вод иногда выходят полностью на поверхность в виде сосредоточенных ключей. В этом случае производительность подземного потока определяется по дебиту ключей.

Нередко ключи выходят на значительных площадях в виде небольших, иногда почти незаметных, струй воды, которые затем собираются и текут по оврагам. В этом случае определение расхода сводится к учету производительности ручейков и потерь воды (на фильтрацию, испарение и проч.); производительность ручейков следует определять с исключением поверхностного стока, непосредственно получающегося из атмосферных осадков.

Почти полный выход подземного потока наблюдается на некоторых конусах выноса, например в Ферганской котловине (по данным М. А. Шмидта).

5. Определение расхода подземного потока по питанию поверхностных вод подземными или подземных вод поверхностными. В некоторых случаях наблюдается резко выраженная гидравлическая взаимосвязь реки и водоносного горизонта, когда или водоносный горизонт питается рекой, или река питается за счет водоносного горизонта. Если на основании гидрогеологических данных выделить участок реки, на котором происходит дренирование или питание водоносного горизонта в целом (или его части), то по разности расходов в верхнем и нижнем створах указанного участка реки можно вычислить производительность подземного потока (или его части).

Определение расходов лучше делать в период отсутствия поверхностного питания; при этом следует учитывать потери на испарение с поверхности воды, а также прочие возможные потери и поступление. Кроме того, необходимо принимать в расчет точность гидрометрических измерений; при точечных измерениях вертушкой ошибка определения расхода реки в одном створе доходит до 1—5%, при измерениях поплавком — до 5—10%. Для того чтобы не совершить крупную ошибку, разность расходов верхнего и нижнего створов реки должна быть, по крайней мере, в пять раз больше ошибки гидрометрических измерений. Этот метод применим преимущественно для малых рек.

#### Общие сведения по определению величины эксплуатационных запасов подземных вод и источников

1. Влияние гидрогеологических условий и естественного режима подземных вод на их эксплуатационные запасы. Эксплуатационные запасы подземных вод должны обеспечиваться притоком этих вод из водоносного горизонта; при этом учитываются кондиционные требования к качеству воды. Приток воды к каптажным сооружениям в первую очередь определяется комплексом свойств водоносных горизонтов, в том числе и их режимом.

Наиболее важными элементами, определяющими приток подземных вод к каптажным сооружениям, являются фильтрационные свойства и мощность водоносных пород, а также гидравлические уклоны, создающиеся в условиях эксплуатации. Приток воды к каптажным сооружениям пропорционален коэффициенту фильтрации, сечению водоносного слоя, гидравлическим уклонам и должен обеспечиваться питанием водоносного горизонта; в этом случае следует учитывать, что питание может быть периодическим. Необходимо иметь в виду получения воды надле-

жащего качества при соответствующем соблюдении санитарных условий.

Условия питания и дренирования водоносных горизонтов весьма многообразны и зависят от геологического строения, от связи с другими водоносными горизонтами, а также от связи с поверхностными водами (атмосферными, речными и другими).

Комплекс геологических, гидравлических условий и условий питания подземных вод называется гидрогеологическими условиями.

Близость, постоянство и величина источника питания водоносного горизонта при хорошей водопропускной способности водоносных пород (произведение коэффициента фильтрации на площадь поперечного сечения) имеют исключительное значение для получения больших эксплуатационных запасов, при оценке которых важно также учитывать режим подземных вод. Особенно существенное значение имеет изменение уровней, режим питания водоносных горизонтов и изменение состава подземных вод.

Амплитуды естественных колебаний статического уровня зависят от комплекса гидрогеологических условий и изменяются от незначительной величины до 20 м и более. Наибольшее влияние на колебания уровней оказывает неравномерность питания подземных вод во времени, что в первую очередь определяется изменчивостью метеорологических и гидрогеологических условий. Например, в известняках девон-карбона в районе Кара-Тау (Средняя Азия) в связи с изменением питания сезонное колебание уровней подземных вод превышает 25 м. Необходимо учитывать и многолетние колебания уровней. Закономерности этих колебаний изучены мало. Колебания уровней в многолетнем разрезе связывают обычно с цикличностью метеорологических явлений.

Под влиянием изменчивости различных факторов наблюдается также изменчивость дебита источников: с краткими периодами, в несколько часов и суток, сезонная, многолетняя и эпизодическая. Если горизонт грунтовых вод обладает наиболее высокими коэффициентами фильтрации в зоне колебаний уровней, то опробование откачкой в период высокого стояния последних дает особенно высокие дебиты скважин и шахтных колодцев. Кроме того, при большей мощности водоносного слоя можно давать и большие понижения уровня при откачке и соответственно с этим получать большие дебиты.

Изменение состава подземных вод в естественных условиях происходит как в течение длительного, так и в течение короткого периодов. Изменение в результате длительного (геологического) времени вытеснения древних вод молодыми инфильтрационными можно наблюдать на примере меловых и неогеновых водоносных горизонтов северной части Причерноморской впадины. Такой же случай описан С. А. Шагоянцем (1948, 1949) для Терско-Кумского артезианского бассейна.

Сезонное изменение состава подземных вод в естественных условиях заметно наблюдается в наших засушливых степях Азии и юго-востока Европы, где после инфильтрационного весеннего питания грунтовые минерализованные воды разбавляются, а затем по мере испарения подземных вод минерализация их опять увеличивается.

2. Выбор участка водоносного горизонта для эксплуатации. Гидрогеологические и другие условия участка водоносного горизонта могут оказывать существенное влияние на величину эксплуатационных запасов и качество воды.

Участок подземных вод для эксплуатации рекомендуется выбирать ближе к потребителю, на низких, но незаливаемых отметках, на участках водоносного горизонта с лучшими фильтрационными свойствами и в благоприятных санитарных условиях.

Одновременное соблюдение всех требований к выбору эксплуатационного участка не всегда удается осуществить. Поэтому выбор должен делаться на основании технико-экономического анализа с учетом отмеченных выше положений и предъявляемых санитарных требований.

3. Изменение режима подземных вод под влиянием эксплуатации. Под влиянием отбора подземных вод на участке эксплуатации водоносного горизонта происходит ряд изменений в естественном режиме: возникает новый режим подземных вод, сильно отличающийся от естественного.

Кроме прежних естественных зон дренирования, в результате отбора подземных вод появляется зона искусственного дренирования водоносного горизонта. Тогда для всего водоносного горизонта изменяются условия движения подземных вод, и под влиянием значительных понижений уровней на участке эксплуатации прежняя зона дренирования (в естественных условиях) может иногда оказаться зоной питания.

Затем под влиянием эксплуатации подземных вод обычно увеличиваются регулировочные запасы и увеличивается общий расход подземного потока.

В результате понижения уровней в районе эксплуатации создается воронка депрессии уровней, что вызывает изменение направления движения воды на ряде участков; при этом в некоторых местах движение может получить направление, противоположное движению в естественных условиях. Около отдельных скважин и колодцев создаются местные воронки депрессии уровней. Под влиянием эксплуатации может также происходить изменение состава подземных вод.

4. Влияние технических условий захвата подземных вод на величину их эксплуатационных запасов. Величина эксплуатационных запасов подземных вод зависит не только от гидрогеологических, но также от ряда технических и экономических условий. Рассмотрим важнейшие из них.

Основными типами каптажных сооружений для подземных вод являются скважины, шахтные колодцы и горизонтальные водозаборы. Для источников применяют каптажные камеры, а также различные конструкции вертикальных и горизонтальных каптажей подземных вод. Наиболее удобный захват подземных вод обычно можно получить при помощи горизонтальных водозаборов, затем шахтных колодцев, и, наконец, скважин. Из этого общего правила имеются исключения. Применение отмеченных выше каптажей резко ограничивается технико-экономическими условиями. Горизонтальные водозаборы траншеями рационально закладывать на глубине, как правило, не больше 5—8 м от поверхности земли. Последнее время стали бурить горизонтальные скважины длиной до 100 м и больше из шахт глубиной до нескольких десятков метров и даже более 100 м. Такие конструкции буровых горизонтальных водозаборов из шахт имеют производительность 10—1000 л/сек, очень эффективны по дебиту, но в то же время дороги.

Шахтные колодцы проходят глубиной до 20—40 м и редко больше, а скважины — обычно от 10 м и до нескольких тысяч метров.

Широко известно, что конструкция скважины может сильно влиять на дебит и положение динамического уровня. Из элементов конструкции большое влияние на дебит скважины оказывает тип фильтра, диаметр, длина и положение его в водоносной толще, а также диаметр обсадных труб. При установке фильтров больших сопротивлений (сетчатых) в песках, особенно мелких, дебиты скважин получаются часто в 1,5—2 раза, а иногда и значительно меньше, чем при фильтрах гравийных или корзинчатых.

Под влиянием технико-экономических и санитарных условий (например, удаленность от потребителя и другие причины) приходится иногда

отказываться от эксплуатации наиболее обильного участка водоносного горизонта.

При захвате грунтовых вод совершенным горизонтальным водозабором поперек потока можно почти полностью перехватить этот поток; эксплуатационные запасы в данном случае будут практически равны расходу подземного потока (рис. 246, а). Если же грунтовые воды захватывать поперек потока водозабором из скважин, то полностью перехватить расход подземного потока можно только в тех случаях, когда отметка уровня между скважинами при эксплуатации будет ниже отметки уровня в области дренирования (рис. 247, б). Чаше же всего водозабором из скважин расход подземного потока полностью перехватить нельзя, и тогда эксплуатационные запасы будут меньше расхода подземного потока. Следует учитывать, что расход потока подземных вод при эксплуатации выше от водозабора обычно увеличивается по сравнению с естественным расходом.

Из изложенного видно, что технические условия нередко существенно влияют на величину эксплуатационных запасов подземных вод.

5. Принципы и схемы оценки эксплуатационных запасов подземных вод. Оценка эксплуатационных запасов должна начинаться с анализа геологического строения района и участка, анализа современных гидрогеологических условий: условий залегания и распространения водоносных горизонтов, характеристики пород, формирования, питания, движения и дренирования подземных вод, связи их с поверхностными водами и другими водоносными горизонтами; кроме того, определяются различные расчетные показатели.

Гидрогеологическая характеристика и расчетные показатели при оценке эксплуатационных запасов подземных вод рассматриваются для различных участков и случаев с различной подробностью, особенно в зависимости от площади распространения водоносного горизонта. На всей территории распространения в особенности обширного водоносного горизонта гидрогеологическая характеристика дается сокращенная, на территории участка водозабора — подробная. Детальность изучения зависит также от потребности в воде. Если потребность значительно меньше возможностей получения подземных вод, то гидрогеологические изыскания детально не производятся и нередко могут ограничиваться бурением одной опытно-разведочной скважины.

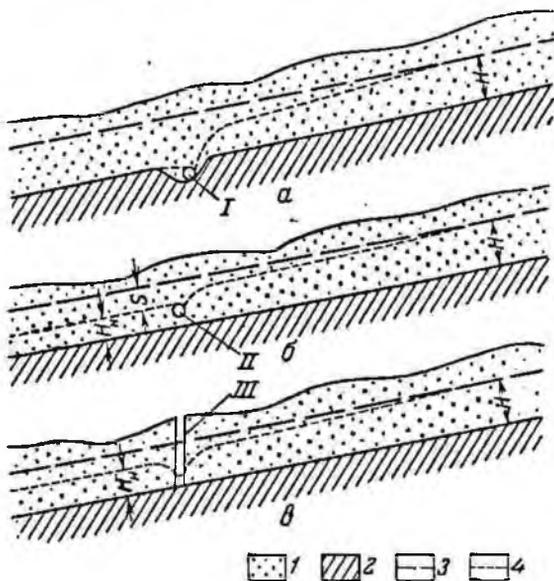


Рис. 246. Схемы влияния конструкции водозаборов подземных вод на величину эксплуатационных запасов грунтового потока

а — совершенный горизонтальный водозабор на продольном разрезе грунтового потока; б — подвешенный горизонтальный водозабор на продольном разрезе грунтового потока; в — водозабор из современных скважин на продольном разрезе грунтового потока  
1 — водоносный горизонт, 2 — водоупорные породы, 3 — естественный уровень грунтовых вод, 4 — уровень грунтовых вод при эксплуатации

Оценивая эксплуатационные запасы подземных вод необходимо получить устойчивые расходы из каптажных сооружений на расчетный период для обеспечения потребности в воде при определенных динамических уровнях подземных вод. При этом учитываются сезонные и многолетние их колебания и время, потребное для получения динамического равновесия.

Определение дебита нисходящих источников должно производиться с учетом многолетнего их режима и изменений от воздействия каптажа. Так же должно анализироваться и изменение качества воды.

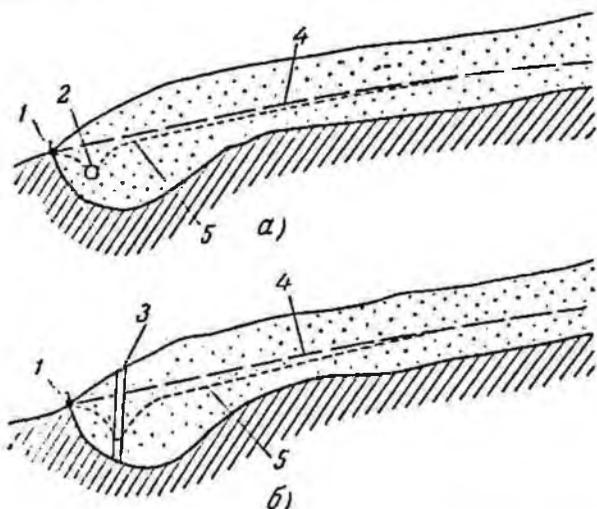


Рис. 247. Схемы продольного разреза грунтового потока с водозаборами вблизи области дренирования

*а* — схема с горизонтальным подпешенным водозабором, расположенным поперек потока; *б* — схема с водозабором из совершенных колодцев, расположенных поперек потока

*1* — источник, *2* — горизонтальный водозабор, *3* — совершенные колодцы, *4* — линия естественного уровня, *5* — линия уровня при эксплуатации

При длительной многолетней эксплуатации подземных вод не следует ориентироваться на истощение вековых их запасов; однако в большинстве случаев рекомендуется допускать сработку регулировочных запасов и перевод части вековых запасов в регулировочные с их восстановлением в периоды питания; последнее является особенно прогрессивным, так как позволяет значительно расширить естественные возможности использования подземных вод, что часто совершенно необходимо при периодическом их питании и интенсивной эксплуатации.

В некоторых случаях, определяемых, с одной стороны, естественными условиями, с другой — технико-экономическими показателями и продолжительностью эксплуатации, допустимо истощение вековых запасов без полного их восстановления в течение периода эксплуатации. Следует различать уменьшение общего количества вековых запасов подземных вод без учета изменения их состава и уменьшение этих запасов с определенным составом. При эксплуатации подземных вод редко наблюдается истощение общего количества вековых запасов подземных вод, так как водоносные горизонты почти всегда или непосредственно, или через другие водоносные горизонты связаны с поверхностными водами и тогда вековые запасы имеют возможность восстанавливаться. Иногда, например, в районе Чусовских городков в рифовых известняках нижнего отдела пермской системы древние рассолы хорошо изолированы от других водоносных горизонтов; при эксплуатации таких рассолов поступле-

ния в водоносный горизонт почти нет и можно было наблюдать фактическое истощение количества вековых запасов водоносного горизонта.

Методика оценки эксплуатационных запасов подземных вод основана на анализе и учете многообразных геологических, гидрогеологических, гидрологических, метеорологических и прочих природных условий, а также на учете тех изменений, которые вносят эксплуатация подземных вод, горные работы и другие технические мероприятия. Кроме того, следует учитывать некоторые физические свойства и явления, имеющие существенное значение. Например, неглубокие подземные воды надо рассматривать как несжимаемые, а глубокие при значительных понижениях уровней — как сжимаемые.

Необходимо отвергнуть принцип эксплуатации подземных вод без нарушения их естественного режима. Такое нарушение неизбежно и должно обязательно учитываться как в отношении получения необходимых величин расхода подземных вод, так и в отношении возможного изменения их качества.

Оценку эксплуатационных запасов подземных вод и источников в зависимости от гидрогеологических условий и потребности в воде нужно производить различными методами: путем анализа расхода подземного потока, балансовыми методами, с учетом увеличения регулировочных запасов, путем анализа связи районного расхода с районным понижением для напорных вод, по расчетам водозаборов, по методу коррелятивной связи, по теории вероятностей, в особенности для источников, и по методу аналогий. При оценке по любому из этих методов обязателен расчет водозаборов в части дебитов и положения динамических уровней, а также анализ качества подземных вод.

#### Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по составу и характеристика зон санитарной охраны

При оценке эксплуатационных запасов подземных вод рассматривается не только их количество, но и качество. Требования к качеству воды для различных целей (для хозяйственно-питьевого и разнообразного производственного водоснабжения, для железнодорожного транспорта, орошения, лечебных целей и для извлечения из подземных вод полезных веществ — промышленных вод) различны. Оценка качества воды должна производиться по данным анализов с учетом гидрогеологических условий. Учет гидрогеологических условий особенно важен, когда имеются единичные и сомнительные анализы воды. Анализ гидрогеологических условий также важен для оценки происхождения в воде различных компонентов; например, наличие аммония ( $\text{NH}_4$ ) в артезианских водах, защищенных от загрязнения, не является обязательным показателем загрязнения, так как аммоний в восстановительной среде в глубоких подземных водах может получаться за счет восстановления азотно-кислых солей. При эксплуатации также должно быть учтено изменение состава воды.

При оценке качества воды следует учитывать возможность улучшения ее путем обработки, например, обезжелезиванием, умягчением и проч. Если в подземной воде содержится сероводород, то его легко удалить, в частности, в промежуточном резервуаре при перекачке воды.

Требования к качеству воды определяются ГОСТ, различными условиями и нормами. Для хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения требования к качеству воды определяются по ГОСТ 2874—54; по этому ГОСТ величина общей минерализации воды (или сухой остаток) не нормируется. По ГОСТ 2761—57 минерализация воды рекомендуется не более 1 г/л, но в засушливых районах допустимая минерализация по согласованию с госсанинспекцией может повышаться

Практически для централизованного водоснабжения допускается вода с минерализацией до 500—800 мг/л и изредка до 1000 мг/л. Вода для хозяйственно-питьевого водоснабжения должна быть приятна на вкус (запах и привкус при температуре 20° С допускаются не более двух баллов), бесцветна и прозрачна (цветность допускается не более 20 градусов и прозрачность не менее 30 см по шрифту). Общая жесткость такой воды должна быть не более 7 мг-экв.

В исключительных случаях, по согласованию с органами саннадзора, цветность воды допустима до 35 градусов, мутность по мутномеру до 3 мг/л и жесткость до 14 мг-экв.

Вредных веществ в воде должно содержаться не более допустимых количеств: свинца — не более 0,1 мг/л; мышьяка — не более 0,05 мг/л, фтора — не более 1,5 мг/л, меди — не более 3 мг/л и цинка — не более 5 мг/л. Допустимая концентрация других вредных веществ, не оговоренных в ГОСТ 2874—54, в каждом отдельном случае устанавливается главным санитарным инспектором СССР.

Вода для хозяйственно-питьевого водоснабжения не должна содержать различных невооруженным глазом водных организмов, колииндекс может быть не более 3 и количество бактерий в 1 мл неразбавленной воды — не более 100.

Для засушливых районов Министерством сельского хозяйства СССР приняты нормы для оценки качества, разработанные профессором Лисициным (Я. М. Пашенков, И. П. Карамбиров и И. П. Грибанов, 1951), где для хозяйственно-питьевого водоснабжения подземные воды допускаются с повышенным сухим остатком (до 1,5—2,5 г/л и даже до 4 г/л) и высокой жесткостью (до 14—21 мг-экв/л и даже до 53 мг-экв/л).

Основные принципиальные требования к качеству воды для скота остаются те же, т. е. вода должна быть гигиенически здоровой. Однако по имеющейся практике норма сухого остатка в воде может быть повышена до 3—4 г/л, а в некоторых случаях, в частности для овец, — до 7 г/л, а иногда и до 10 г/л (эти нормы являются ориентировочными).

Для охлаждения двигателей тракторов принимают общую жесткость воды обычно не выше 8 мг-экв/л (без учета улучшения).

Для производственного водоснабжения требования к подземным водам в различных случаях предъявляются различные. В каждом отдельном случае при оценке возможности использования воды для промышленности нужно получать соответствующие кондиции на воду.

Оценка пригодности воды для орошения делается не только по составу воды, но и по свойствам почвы, ее дренированности, а также в зависимости от сельскохозяйственных культур, климата, норм, сроков и способа орошения. Вполне определенных нормативов качества воды для орошения нет. Можно, однако, считать хорошей для орошения воду с сухим остатком до 1 г/л, с температурой, близкой к температуре почвы, при отсутствии вредных примесей для растений. При содержании солей в воде больше 1 г/л необходимо детально выяснить их состав. Для хорошо проливаемых почв, по Черкасову А. А. [1950], пределом содержания отдельно взятых солей считают:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  — 1 г/л,  $\text{NaCl}$  — 2 г/л,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  — 5 г/л. Если в растворе имеется комплекс солей, то пределы содержания отдельных солей понижаются. Для приближенной оценки качества оросительной воды пользуются ирригационным коэффициентом, который вычисляется по специальным формулам. Желательно, чтобы в воде для орошений преобладали катионы Са (лучше в виде сульфата).

Минеральные воды отличаются широким разнообразием химического состава, степенью минерализации, газовым составом и физическими свойствами. Однако для всех минеральных вод общим является благоприятное физиологическое воздействие на организм, что чаще всего доказывается экспериментально. В связи с этим такие воды называют лечеб-

ными. Среди минеральных вод, кроме того, выделяют приятные на вкус питьевые столовые воды, которые могут и не иметь определенных лечебных показателей.

Требования к составу минеральных лечебных вод определяются комплексом показателей физико-химических свойств и газового состава в каждом отдельном случае. Кроме того, эти воды должны отвечать требованиям ГОСТ 2874—54 в бактериальном отношении и по содержанию вредных веществ (если по специальным лечебным требованиям норма последних не повышается). Для минеральных столовых вод санитарно-гигиенические требования к качеству воды определяются в основном вкусом и ГОСТ 2874—54.

Подземные воды используются также для извлечения из них различных веществ: поваренной соли, йода, брома и др. Такие воды называются промышленными. Требование к составу их определяется специальными кондициями. Состав воды должен удовлетворять требованиям оценки качества воды и быть достаточным для генетической и в соответствующих случаях геохимической оценки. При оценке качества подземных вод следует учитывать возможность изменения их состава при эксплуатации. Во многих случаях это изменение невелико. Наиболее устойчив состав подземных вод при их эксплуатации в водоносных горизонтах, приуроченных к зернистым породам, и в глубоких водоносных горизонтах. Например, в гг. Курске и Киеве при эксплуатации в течение многих лет юрского артезианского горизонта, приуроченного к пескам, заметного изменения состава подземных вод не наблюдалось. Заметно не изменился этот состав и в ряде мест при длительной эксплуатации артезианских горизонтов, приуроченных к известнякам каменноугольной системы в Подмосковной котловине.

В некоторых случаях подземные воды независимо от некоторого ухудшения их качества в результате изменения состава остаются пригодными для использования. Например, на Кавказе за 25 лет эксплуатации одного из крупнейших водозаборов подземных вод Шоларского водопровода для различных водоносных горизонтов и скважин наблюдалось увеличение сухого остатка на 30—150 мг/л и общей жесткости воды на 0,2—1 мг-экв/л, а также некоторое увеличение сульфатов и хлоридов.

Основной причиной изменения состава подземных вод при эксплуатации является нарушение их естественного режима в связи с отбором подземных вод и с вызванным им понижением уровней. Местами это нарушение может вызвать даже улучшение их состава. Например, при эксплуатации подземных вод в аллювиальных отложениях на высокой пойменной террасе р. Сочи после организации зоны санитарной охраны резко улучшились бактериологические показатели; при этом аммоний и азотистая кислота, присутствовавшие до эксплуатации, уже не обнаруживались.

Изучив естественные условия и влияния эксплуатации на режим подземных вод, можно предусматривать изменение их состава и даже регулировать его в нужном направлении. Изменение состава при эксплуатации может происходить, в частности, в результате:

а) изменений в зоне аэрации, через которую может идти инфильтрация атмосферных осадков и поверхностных вод; такой случай наблюдался в Мытищенском бассейне грунтовых вод, когда при эксплуатации понизился уровень в болотах; в связи с этим в зоне осушений начались окислительные процессы с переводом ранее нерастворимых соединений (пирита) в растворимые; это привело к увеличению жесткости воды, в особенности постоянной (с 2,2 до 7,8 мг-экв/л) и содержания железа ( $Fe_2O_3$  с 0,31 до 1,3 мг/л);

б) подсасывания поверхностных соленых вод; например, близ Бруклина в подземных водах при эксплуатации содержание хлора увеличилось с 4,5 до 500 мг/л;

в) подсосывания из других участков того же водоносного горизонта;

г) перелива воды из других водоносных горизонтов при наличии между ними гидравлической связи или дефектах в конструкции скважин;

д) физико-химических процессов, происходящих в водоносном горизонте в связи с уменьшением пластового давления;

е) загрязнения водоносного горизонта с поверхности земли, а также через скважины и колодцы.

Следует отметить, что процесс изменения состава подземных вод, получаемых водозаборами, довольно сложный: сначала происходят физико-химические изменения на каком-то участке водоносного горизонта, затем подземная вода через определенное время доходит до водозабора. В целом этот интервал времени может составлять до нескольких лет и более. Например, в Мытищенском бассейне грунтовых вод резкое увеличение жесткости и содержания железа обнаружилось лишь через 7 лет после увеличения расхода водозабора.

При эксплуатации подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения, лечебных целей и вообще, когда к качеству этих вод предъявляются требования как к питьевым, должна быть предусмотрена организация зон санитарной охраны. Установление зон санитарной охраны при эксплуатации подземных вод имеет в виду предупреждение возможности загрязнения этих вод и улучшение санитарных условий на тех участках, которые могут быть опасны в отношении загрязнения.

Зоны санитарной охраны делятся на 3 пояса или зоны: первый пояс (зона строгого режима), второй (зона ограничений) и третий (зона наблюдений).

В первый пояс входит участок, где наиболее опасно загрязнение, т. е. площадка водозаборов с насосной станцией, очистными сооружениями и резервуарами. Для подземных вод, не защищенных или слабо защищенных от загрязнения, первый пояс расширяют, включая в него ближайшую к водозаборам часть водоносного горизонта.

Сравнительно легко загрязняются неглубокие подземные воды в трещиноватых и закарстованных породах, а также грунтовые воды в рыхлых отложениях, не защищенных сверху водонепроницаемыми или мало проницаемыми отложениями.

В отдельных случаях для необходимого улучшения качества подземных вод приходится выполнять такие санитарно-технические мероприятия, которые уменьшают эксплуатационные запасы их. Например, в районе Кисловодска в области питания карстовых источников пришлось зацементировать несколько близких к источникам карстовых воронок, которые резко влияли на ухудшение качества воды этих источников, в особенности при таянии снега и во время дождей.

### Методы оценки величины эксплуатационных запасов подземных вод

1. Балансовые подсчеты. При оценке эксплуатационных запасов в большинстве случаев необходимо произвести анализ баланса подземных вод. Это необходимо для грунтовых вод и небольших артезианских бассейнов в особенности, когда потребность близка к максимальной расчетной величине эксплуатационных запасов подземных вод. Для обширных артезианских бассейнов балансовые подсчеты весьма затруднительны и точность их невелика.

Балансовые расчеты производятся сначала по методам, указанным выше. Затем их анализируют по уточненному балансовому уравнению

(233) с учетом внесения в него величины эксплуатационных запасов ( $Q_s$ ) подземных вод и изменения величины других членов этого уравнения.

$$W_{IIз} - W_{Iз} = mh = [(W_I + W_{Iд}) - (W_{II} + W_{IIд})] + \\ + [(W_{IIа} - W_{IIм}) - W_{IIм}] + [W_{IIн} - (W_{IIок} + W_{IIнк})] - Q_s. \quad (233)$$

Изменения членов уравнения (233) по сравнению с уравнением (224) определяются воздействием эксплуатационного отбора подземных вод из водоносного горизонта и преимущественно касаются:

- 1) увеличения притока на данный участок из того же горизонта  $W_I$ ;
- 2) увеличения инфильтрации поверхностных вод  $W_{IIн}$ ;
- 3) уменьшения расхода подземных вод на другие участки водоносных горизонтов  $W_{IIи}$ ;
- 4) уменьшения расхода открытыми и подземными ключами  $W_{IIок}$  и  $W_{IIнк}$ .

Указанные изменения происходят в результате развития депрессий уровней подземных вод при отборе  $Q_s$ . Кроме того, может наблюдаться изменение и других членов балансового уравнения. Например, при отборе воды из регулировочных или вековых запасов значение члена  $W_{IIа} - W_{Iз} = mh$  будет отрицательным.

В результате понижения уровня воды может получиться уменьшение расхода в зону аэрации ( $W_{IIа}$ ) и на транспирацию растений ( $W_{IIм}$ ).

Изменение членов  $W_{Iд}$  и  $W_{IIд}$  (поступление из других водоносных горизонтов и расход в эти горизонты) пока не исследовано.

В ряде случаев отдельные члены балансового уравнения (233) можно исключать, так как они в соответствующих гидрогеологических условиях не имеют существенного значения или равны нулю.

2. Оценка эксплуатационных запасов по расчету естественного расхода подземного потока в поперечном сечении. Естественный расход подземного потока является весьма важной характеристикой для оценки эксплуатационных запасов. В различных гидрогеологических условиях и при различной конструкции водозаборов из водоносного горизонта можно рассчитывать на получение в одних случаях полного естественного расхода подземного потока, в других — меньше или больше этого расхода.

Если рассматривать часть сечения по ширине подземного потока, то при эксплуатации на этом участке через указанное сечение часто можно получить подземной воды больше сравнительно с естественным ее расходом; это объясняется притоком воды с соседних участков в связи с понижением уровня в районе эксплуатации.

Ранее отмечалось, что при устройстве совершенного горизонтального водозабора по схеме на рис. 246, а можно полностью перехватить подземный поток. Его можно перехватить полностью и несовершенным (подвешенным) горизонтальным водозабором по схеме на рис. 247, а или вертикальными водозаборами (скважинами или шахтными колодцами) по схеме на рис. 247, б или рис. 245, т. е. при гидрогеологических условиях, когда понижение уровня воды у горизонтального водозабора или между скважинами (шахтными колодцами) ниже отметки дренирования подземных вод.

Если каптаж устроен в виде подвешенного горизонтального водозабора по схеме рис. 246, б или в виде вертикального по схеме рис. 246, в, то получить полностью расход подземного потока нельзя — часть его

уйдет ниже по уклону. В этом случае эксплуатационные запасы приближенно можно определить по формуле

$$Q_3 = Q_2 \frac{S}{H}, \quad (234)$$

где  $Q_2$  — эксплуатационные запасы,  $m^3/сутки$ ;  
 $Q_1$  — естественный расход грунтового потока,  $m^3/сутки$ ;  
 $S$  — понижение уровня воды у горизонтального водозабора, м;  
 $H$  — мощность водоносного слоя, м.

Для коротких по длине водозаборов, по сравнению с шириной подземного потока, расход будет больше. Следует также иметь в виду, что при эксплуатации подземных вод расход их потока выше водозабора бывает больше, чем в естественных условиях.

Расчет водозаборов подземных вод в условиях потока можно производить по формулам, приведенным в работах С. К. Абрамова и В. Д. Бабушкина (1955), В. И. Аравина и С. Н. Нумерова (1953), А. В. Романова (1952), В. Н. Щелкачева и Б. Б. Лапука (1949) и др.

3. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по методу пьезометрии. При ограниченных по ширине подземных напорных потоках и расположении водозаборов поперек этого потока (см. рис. 244) эксплуатационные запасы можно рассчитывать по формуле

$$Q_3 = Q_{03} - Q_{н3}, \quad (235)$$

где  $Q_3$  — эксплуатационные запасы;  
 $Q_{03}$  — расход подземного потока при эксплуатации выше водозаборов;  
 $Q_{н3}$  — то же ниже водозаборов.

Приближенно величину эксплуатационных запасов можно подсчитать следующим образом.  $Q_{03}$  и  $Q_{н3}$  определяются по формуле (220) водопроницаемости  $\alpha_0$  и  $\alpha_n$  — по формулам (221) и (222). Пьезометрические уклоны подземного потока выше и ниже водозаборов приближенно определяются соответственно по данным расстояний до области питания и дренирования, а также по данным отметок уровней воды в области питания (А), на участке водозаборов ( $D_1$  или  $D_2$  — динамический уровень) и в области дренирования (Б). Уровень воды на участке водозаборов принимается между скважинами, т. е. без сопротивлений в них и около них.

Более точное решение можно получить, используя формулы С. Ф. Аверьянова и А. В. Романова (С. К. Абрамов и В. Д. Бабушкин, 1955 г.) притока воды к вертикальному водозабору из скважин, заложенных поперек потока. Однако из-за необходимости принимать величины ряда параметров (коэффициент фильтрации, сечение потока и др.) приближенными такое решение практически тоже получается приближенным.

4. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с учетом береговой инфильтрации. При использовании водоносных горизонтов, имеющих тесную связь с поверхностными водами, например по схеме на рис. 248, можно рассчитывать на инфильтрацию через русло реки. Расчет количества воды, поступающей в водозабор, следует вести с учетом гидрогеологических условий и санитарных требований, а также расположения и конструкции каптажных сооружений.

Для соответствующих случаев гидрогеологических условий, конструкции и расположения водозаборов следует пользоваться формулами, изложенными в работах Г. Н. Каменского (1943), Форхгеймера (1930).

В. П. Аравина и Нумерова (1953), С. К. Абрамова и В. Д. Бабушкина (1955) и др.

Ниже рассматриваются два случая определения эксплуатационных запасов грунтовых вод по приближенному расчету водозаборов вдоль реки.

1. Пусть каптаж выполнен в виде совершенного горизонтального водозабора и величина  $L_2$  (см. рис. 248) является небольшой. В этом случае можно рассчитывать только на береговую инфильтрацию; поступлением воды с другой стороны водозабора можно пренебречь.

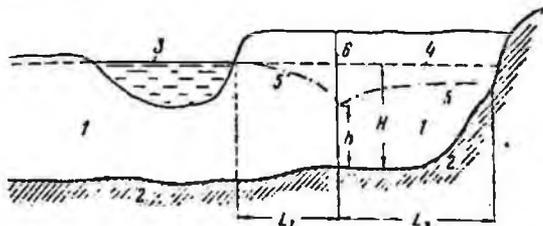


Рис. 248. Схема захвата грунтовых вод с береговой инфильтрацией

1 — водоносный горизонт; 2 — водопор; 3 — уровень воды в реке; 4 — статический уровень до эксплуатации; б — уровень воды при эксплуатации; б — каптаж; H — мощность водоносного слоя; h — мощность слоя воды у каптажа при откачке;  $L_1$  — расстояние от колодца до реки;  $L_2$  — расстояние от колодца до границы водоносного слоя

Тогда для расчета притока можно с достаточной практической точностью воспользоваться формулой:

$$Q = BK \frac{H-h}{L_1} \cdot \frac{H+h}{2}, \quad (236)$$

где  $Q$  — приток воды к горизонтальному водозабору;

$B$  — длина горизонтального водозабора;

$K$  — коэффициент фильтрации;

$L_1$  — расстояние горизонтального водозабора от берега (см. рис. 248); эта величина в формуле (236) является приближенной.

2. При водозаборе из нескольких совершенных колодцев с расположением их вдоль берега реки и небольшой длине  $L_2$  (см. рис. 248) положение уровня воды в колодце (без сопротивлений фильтра) для безнапорных вод можно определить по следующему уравнению

$$H^2 - L^2 = \frac{Q}{1,37K} \lg \frac{2b}{r} \cdot \frac{S_1}{a_1} \cdot \frac{S_2}{a_2} \cdot \frac{S_3}{a_3}, \quad (237)$$

где  $H$  — мощность водоносного слоя;

$L$  — слой воды при понижении уровня у колодца А (у его наружной стенки);

$Q$  — дебит, принятый одинаковым для каждого колодца,  $m^3/сек$ ;

$K$  — коэффициент фильтрации,  $m/сек$ ;

$b$  — расстояние от колодца № А до реки;

$r$  — радиус колодца;

$a_1, a_2, a_3$  — расстояния от колодца № А до первого (№ 1), второго (№ 2), третьего (№ 3) и т. д. колодцев водозабора;

$S_1, S_2, S_3$  — расстояния от колодца № А водозабора до первого (№ 1<sub>0</sub>), второго (№ 2<sub>0</sub>), третьего (№ 3<sub>0</sub>) и т. д. отображенных колодцев, находящихся на расстоянии  $2b_1, 2b_2, 2b_3$  и т. д. от первого, второго, третьего и т. д. колодцев водозабора нормально к реке, где  $b_1, b_2, b_3$  и т. д. расстояние первого, второго, третьего и т. д. колодцев водозабора от уреза воды в реке.

Расчетная схема показана на рис. 249. Практически формулы (235) и (237) дают достаточно приемлемые результаты для отмеченных выше условий.

По санитарным условиям расстояние водозабора от берега реки следует принимать не менее 10 м для мелких песков и не менее 25—30 м для гравелистых отложений. Это расстояние следует увеличивать при опасности размыва берега реки.

Среднюю скорость береговой фильтрации при имеющихся данных рекомендуется принимать не более 2,5 м/сутки.

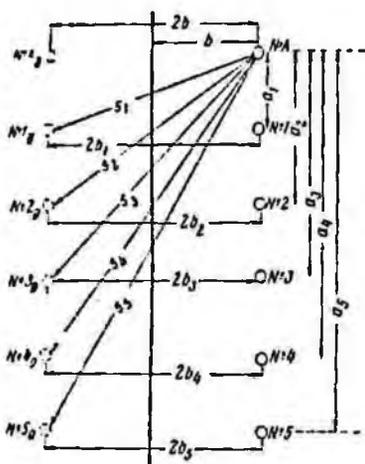
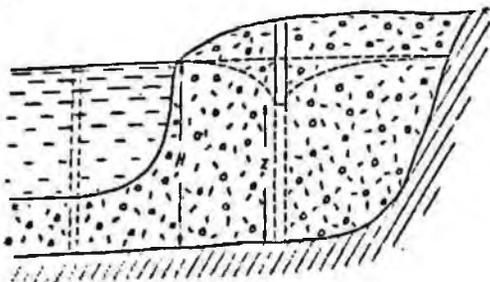


Рис. 249. Расчетная схема при расположении совершенных скважин в грунтовых водах вдоль берега реки

При расчете на береговую инфильтрацию следует учитывать возможность заиливания берегов и дна реки, что может дать уменьшение инфильтрации. На устойчивую береговую инфильтрацию можно рассчитывать только там, где во время паводков периодически происходят размывание русла реки и очистка его от наносов.

Для расчета брать минимальный уровень в реке. Таким образом, при береговой инфильтрации расчет эксплуатационных запасов сводится к расчету водозаборов.

5. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с учетом изменения регулировочных запасов. В естественных условиях в периоды отсутствия питания водоносного горизонта регулировочные запасы постепенно срабатываются; соответственно падают и уровни подземных вод. Если при этом подземный

поток будет эксплуатироваться, то расход его будет больше, чем при естественных условиях, и тогда падение уровней в зоне регулировочных запасов будет происходить быстрее. В результате к концу периода отсутствия питания уровни в области питания будут ниже зоны естественных колебаний; эти уровни войдут в зону вековых запасов. Сработанные вековые запасы, возобновленные в периоды питания, перейдут в регулировочные. В этом случае общие регулировочные запасы увеличатся.

Ниже показываются условия изменения эксплуатационных запасов подземных вод в зависимости от изменения регулировочных запасов. Пусть имеются гидрогеологические условия, показанные на рис. 245. В области А напорный подземный поток питается периодически. В области дренажирования Б и на участке эксплуатации Д уровень прием постоянным. Эксплуатационные запасы определяются по уравнению (235).

Если подземный поток напорный и динамический уровень на участке водозаборов постоянный, то  $Q_{на}$  не будут меняться, а при сработке регулировочных запасов в области питания  $A$  пьезометрический уклон выше водозаборов  $I_{ст}$  будет уменьшаться. В связи с этим будут уменьшаться  $Q_{на}$ , что наглядно видно из формулы (220), а с уменьшением  $Q_{на}$  при постоянном  $Q_{на}$  — и эксплуатационные запасы  $Q_о$ . Чтобы  $Q_о$  не изменились, нужно снижать уровень на участке водозабора  $D_1$  или  $D_2$ .

6. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по методу каскада водозаборов. Для ряда гидрогеологических условий при периодическом питании грунтовых вод можно рассчитывать на значительное увеличение эксплуатационных запасов путем сработки вековых запасов с восстановлением их в периоды питания, т. е. при переводе вековых запасов в регулировочные. Рассмотрим одну из возможных схем для таких условий. Пусть грунтовый поток приурочен к аллювиальным отложениям небольшой мощности (несколько метров) и расположен в пределах пойменной террасы реки, которая в течение большей части года пересыхает, а при разливе весной затопливает пойму. Пусть подземный поток, ширина которого составляет несколько сот метров (можно больше и меньше), направлен вдоль долины. Если поперек потока расположить несколько горизонтальных совершенных водозаборов при расстоянии между ними  $l$  (рис. 250), то оценку эксплуатационных запасов подземных вод можно дать по расчету сработки регулировочных запасов для каждого участка горизонтального водозабора. На схеме *a* рис. 250 уровень между водозаборами не понижается, а на схеме *б* понижается на величину  $Z$ .

Объем воды  $W$ , полученный из осушенной зоны между горизонтальными водозаборами, к концу расчетного периода отсутствия питания можно определить для схемы *a* (см. рис. 250) по формуле

$$W = 2mBlH \left[ 0,5 - \frac{1}{3} \frac{H^3 - h^3}{H(H^2 - h^2)} \right] \quad (238)$$

и для схемы *б* по формуле

$$W = 2mBlH_1 \left[ 0,5 - \frac{1}{3} \frac{H_1^3 - h^3}{H_1(H_1^2 - h^2)} \right] + mBlZ, \quad (239)$$

где  $m$  — коэффициент водоотдачи водоносного слоя;

$B$  — длина горизонтального водозабора, остальные обозначения видны из рис. 250.

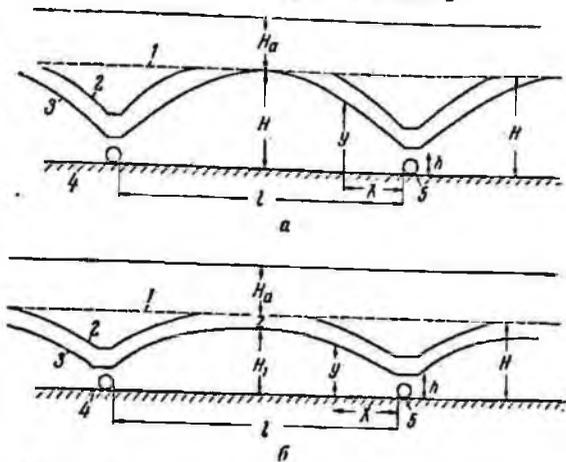


Рис. 250. Схема получения эксплуатационных запасов грунтовых вод по методу каскада водозаборов. Расположение горизонтальных водозаборов поперек потока

$H$  — мощность водоносного слоя;  $H_a$  — мощность зоны взрасти;  $l$  — расстояние между горизонтальными водозаборами;  $I$  — статический уровень;  $2$  — депрессионная линия в один из начальных моментов;  $3$  — депрессионная линия в конце расчетного периода;  $4$  — водоупорная подошва водоносного слоя;  $5$  — горизонтальный водозабор

Расход каждого горизонтального водозабора в конце периода отсутствия питания определяется для схемы а (см. рис. 250) по формуле

$$Q_a = \frac{2K_a B (H^2 - h^2)}{l} \quad (240)$$

и для схемы б по формуле

$$Q_a = \frac{2K_a B (H_1^2 - h^2)}{l}, \quad (241)$$

где  $K_a$  — коэффициент фильтрации водоносного слоя.

Время ( $t_1$ ) работы горизонтального водозабора от начала прекращения питания водоносного горизонта из реки до момента, когда депрессионные кривые соседних водозаборов примут положение (3) на схемах а и б, определится по формуле

$$t_1 = \frac{W}{Q_a}, \quad (242)$$

где  $W$  — объем воды из осушенной зоны между двумя горизонтальными водозаборами.

Расчетный период времени работы водозаборов без подпитывания водоносного горизонта ( $t_p$ ) следует принимать несколько больше периода ( $t_1$ ), в течение которого не происходит подпитывания водоносного слоя. При этом следует учитывать время, необходимое на восстановление регулировочных запасов водоносного слоя ( $t_s$ ) и время, принимаемое в запас ( $t_z$ ). Тогда

$$t_p = t_1 + t_s + t_z. \quad (243)$$

Количество горизонтальных водозаборов ( $n$ ), закладываемых поперек долины, определяется, в частности, длиной участка долины ( $L$ ), на которой можно расположить каскад водозаборов

$$n = \frac{L}{l}. \quad (244)$$

Эксплуатационные запасы в данном случае вычисляются по формуле

$$Q_s = nQ_a, \quad (245)$$

где  $Q_a$  — дебит одного горизонтального водозабора.

Изменяя расстояние между водозаборами и дебит отдельного водозабора, можно подобрать необходимый расчетный период ( $t_p$ ) работы водозаборов, число водозаборов и величину эксплуатационных запасов.

Полагая, что при паводке пойма заливаается водой, полное время ( $t_s$ ) заполнения водой осушенной зоны водоносного слоя, т. е. восстановление регулировочных запасов, можно приближенно вычислить по формуле

$$t_s = m_a \frac{H_a}{K_a} + m_s \frac{H - h}{K_a}, \quad (246)$$

где  $H_a$  — высота слоя грунта над первоначальным уровнем воды (мощность зоны аэрации, см. рис. 250);

$K_a$  и  $K_s$  — коэффициенты фильтрации соответственно зоны аэрации и водоносного расчетного слоя;

$m_a$  и  $m_s$  — коэффициенты недостатка насыщения соответственно зоны аэрации и осушенного водоносного слоя.

При выводе формулы (246) принимались: длина пути фильтрации  $H_a + H - h$  и напорный градиент — единица.

Аналогичные расчеты можно сделать при заложении горизонтальных водозаборов вдоль долины. При мощности водоносного слоя более 4—6 м могут оказаться целесообразней вертикальные водозаборы. Если водоносный горизонт расположен в пределах надпойменной террасы, то подпитывание подземных вод будет происходить из реки, что определяется особым расчетом.

7. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с учетом сработки вековых запасов. Следует различать два вида вековых запасов подземных вод: без учета состава (только объем) и с учетом их состава, сформировавшегося в основном много лет тому назад (объем воды определенного состава).

При сработке объема (истощении) вековых запасов подземных вод без их восстановления происходит непрерывное снижение уровней при постепенном расходе. В ряде случаев эксплуатационный расход из водоносного горизонта в начале эксплуатации может быть больше поступления в него. Это вызывает сработку части вековых запасов водоносного горизонта, а следовательно, и снижение уровней. Затем это снижение уровней прекращается и устанавливается динамическое равновесие между отбором и поступлением, но часть сработанных вековых запасов остается невозстановленной. Такие случаи наиболее часто встречаются при осушении шахт. При использовании подземных вод для водоснабжения эти случаи могут встречаться для грунтовых вод, реже для артезианских вод.

Вопросы истощения вековых запасов вод древнего формирования с учетом их состава, а также эксплуатации водоносных горизонтов с учетом истощения решаются по-разному в зависимости от гидрогеологических и технико-эксплуатационных условий.

8. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по данным откачек из одиночных колодцев. Детальное определение эксплуатационных запасов подземных вод, даже неглубоких, потребности которых меньше их производительности, требует больших затрат (по отношению к стоимости захватных сооружений).

При небольших потребностях по сравнению с возможными эксплуатационными запасами подземных вод часто бывает достаточным устройство одного колодца (скважины или шахтного колодца). Тогда, имея данные по дебиту колодца и показатели по устойчивости дебита, можно сделать оценку обеспеченности потребного расхода.

Если при длительной откачке в течение нескольких суток с постоянным дебитом динамический уровень не изменяется, то можно сделать вывод: в водоносном горизонте наступило динамическое равновесие.

Затем сравниваются положения статического уровня перед откачкой и после нее. Если статический уровень после откачки поднялся до прежнего положения, то запасы водоносного горизонта обеспечивают бесперебойный отбор воды в количестве, определенном опытной откачкой. Однако при этом необходимо учитывать влияние естественных факторов на колебание уровней.

В некоторых случаях снижение уровней под влиянием естественного режима продолжается несколько месяцев и более; при этом величина снижения может достигать нескольких метров, иногда даже более 20 м (водоносный горизонт в известняках карбон-девона района Кара-Тау). Это обстоятельство иногда создает ложное впечатление о непрерывном снижении динамического уровня и дебита при откачке в период снижения уровней.

Наиболее надежными выводами по обеспеченности дебита каптажных сооружений являются данные стационарных наблюдений за эксплуатационной откачкой в течение длительного периода (год и больше).

9. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по методу взаимодействующих колодцев. Если потребный эксплуатационный расход не удовлетворяется дебитом одного колодца, то устраивается водозабор из системы колодцев.

Косвенным методом для оценки эксплуатационных запасов подземных вод в этом случае является расчет дебита взаимодействующих колодцев.

Теоретическое решение для взаимодействующих скважин при различных случаях приводится в работах Г. Н. Каменского (1943), С. К. Абрамова и В. Д. Бабушкина (1955), В. И. Аравина и С. Н. Нумерова (1953), В. Н. Шелкачова и Б. Б. Лапук (1949), П. Я. Полубариновой-Кочной (1952), Маскета (1949), Форхгеймера (1930) и др.

Для приближенных решений системы взаимодействующих скважин, особенно, когда граничные условия неясны и более определенные решения являются по существу также приближенными, расчеты в ряде случаев можно вести по уравнениям Форхгеймера и по гидравлическому методу Альтовского (1947).

Для подземных вод со свободным зеркалом при совершенных скважинах с одинаковым дебитом уравнение Форхгеймера имеет следующий вид:

$$H^2 - I^2 = \frac{Q}{1,37 \cdot K} (\lg R - \lg \sqrt{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_n}), \quad (247)$$

- где  $H$  — мощность водоносного слоя, м;  
 $I$  — высота слоя от подошвы водоносного горизонта при откачке для рассматриваемой точки, м;  
 $Q$  — расход водозабора, м<sup>3</sup>/сутки;  
 $K$  — коэффициент фильтрации, м/сутки;  
 $R$  — радиус влияния действия (точнее — приведенный радиус питания) водозабора, м;  
 $x_1, x_2, \dots, x_n$  — расстояния от точки, для которой определяется понижение, до соответствующего колодца, м.

Для напорных вод в случае совершенных скважин с одинаковым дебитом, пользуясь методом Форхгеймера, получим уравнение

$$S = \frac{Q}{2,73 \cdot Ka} \left( \lg R - \lg \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_n} \right), \quad (248)$$

- где  $a$  — мощность водоносного слоя, м;  
 $S$  — понижение уровня, м; остальные обозначения те же, что и в формуле (247).

Для подсчета дебита взаимодействующих артезианских скважин М. Е. Альтовский (1947) предлагает следующие методы: 1) суммарного коэффициента снижения дебита, 2) суммарной срезки и 3) суммарного коэффициента влияния.

По методу суммарной срезки дебит скважины во взаимодействующем водозаборе можно определить приближенно по формуле

$$Q_i = q_i \left( S_i - \sum_{i=1}^{i=n} t_i \right), \quad (249)$$

- где  $Q_i$  — дебит скважины при взаимодействии;  
 $q_i$  — удельный дебит скважины без взаимодействия;  
 $S_i$  — понижение уровня воды в скважине без взаимодействия;  
 $\sum_{i=1}^{i=n} t_i$  — суммарная срезка уровня, определяемая как сумма понижений уровня в данной скважине от влияния других скважин.

Следует отметить, что расчет взаимодействующих водозаборов, т. е. определение дебита и понижения уровня по данным опытных откачек, не учитывает изменения режима подземного потока при эксплуатации, что обычно вызывает дополнительное понижение уровней.

10. Оценка эксплуатационных запасов артезианских вод с учетом упругих свойств водоносных горизонтов и, в частности, по методу депрессионных воронок. Анализ эксплуатации отдельных участков глубоких пресных и соленых артезианских горизонтов, имеющих значительное

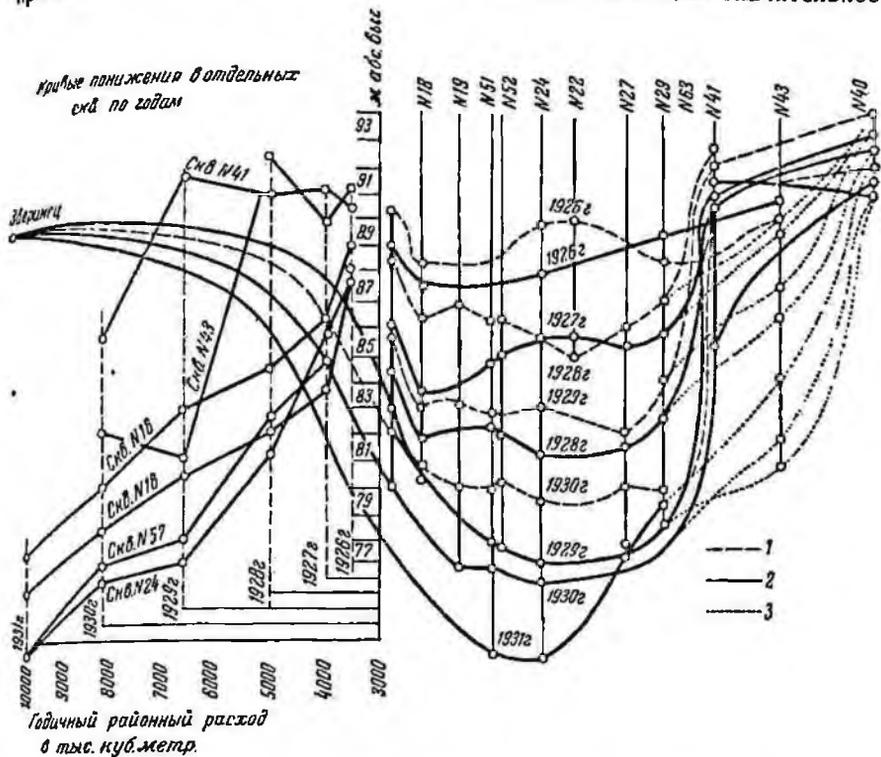


Рис. 251. Развитие депрессии пьезометрических уровней сеноманского артезианского горизонта в одном из городов УССР

1 — весенняя депрессионная кривая с влиянием р. Днепра; 2 — такая же кривая для летнего, осеннего и зимнего периоды; 3 — участок депрессионных кривых в направлении скв. № 23, 43 и 40

распространение, показал, что в случае постоянного расхода понижение уровней происходит постепенно. При этом гидродинамическое равновесие наступает для различных условий спустя несколько месяцев и даже лет после начала эксплуатации с постоянным дебитом. Особенно четко это явление наблюдается при эксплуатации напорных осололов. Дополнительное понижение уровней воды в районе водозаборов после начала эксплуатации происходит, по имеющимся наблюдениям, почти прямо пропорционально районному дебиту водозаборов и распространяется до нескольких единиц и даже десятков километров. В связи с этим дополнительное понижение называется районным понижением или районной депрессией уровней подземных вод.

В районное понижение не входят понижения, связанные с сопротивлением в наблюдаемой скважине и около нее при откачке, а также понижения, получившиеся под влиянием эксплуатации ближайших скважин (на расстоянии порядка до 500—2000 м) и определенные по фактическим данным опытных откачек.

Отмеченное явление запаздывания районного понижения уровней при эксплуатации артезианских горизонтов определяется уровнями свойствами подземных вод, а также пород водоносного горизонта.

Для наглядного представления о районном (дополнительном) понижении уровней в связи с другими свойствами артезианского горизонта на рис. 251 показан профиль развития по годам районной депрессионной воронки в сеноманском водоносном горизонте одного из городов УССР и в левой части рисунка показано изменение районного расхода по годам.

Уравнение установившегося притока к совершенной артезианской скважине или приближенное уравнение к группе скважин с учетом упругих свойств водоносного горизонта по прямолинейному закону движения жидкости можно выразить (В. Н. Шелкачев и Б. Б. Лапук, 1946) следующими формулами:

$$Q_{am} = \frac{2.73K_n \cdot a}{\mu} \frac{(P - P_c)}{\lg \frac{R}{R_c}} (1 + \beta P_m); \quad (250)$$

$$Q_{am} = \frac{2.73K_n a (P - P_c)}{\mu \lg \frac{R_1}{R_c}} (1 + \beta P_m). \quad (251)$$

При размерностях в системе смешанных единиц обозначения в формулах (250) и (251) будут следующие:

$Q_{am}$  — дебит скважины или группы скважин (при давлении в ат или кг/см<sup>2</sup>), см<sup>3</sup>/сек;

$K_n$  — коэффициент проницаемости, д (дарси);

$a$  — мощность водоносного пласта, см;

$P$  — начальное (на контуре с радиусом  $R$  или  $R_1$ ) пластовое давление, ат (кг/см<sup>2</sup>);

$P_c$  — пластовое давление на контуре  $R_c$  (см. ниже), ат (кг/см<sup>2</sup>);

$P_m$  — среднее давление между  $P$  и  $P_c$ , ат (кг/см<sup>2</sup>);

$\mu$  — вязкость воды в сантипуазах (0,01 дн·сек/см<sup>2</sup>);

$R$  — радиус контура области питания, где давление принимается равным пластовому, см; при сложном контуре питания величина  $R$  принимается, как приведенная, т. е. для такого воображаемого кругового контура вокруг скважины, при котором (при сохранении прочих условий) обеспечивается дебит скважины (Шелкачев В. Н. и Лапук Б. Б., 1949 г.);

$R_c$  — радиус приемной части одной скважины или приведенный радиус контура для группы скважин, где давление принимается  $P_c$ , см;

$R_1$  — радиус контура через время  $t_1$ , где начальное пластовое давление только начинает уменьшаться, см; величина  $R_1$  изменяется с начала откачек, увеличиваясь до  $R$ , когда неустановившееся движение при постоянном расходе переходит в установившееся;

$\beta$  — приведенный коэффициент сжимаемости или объемного упругого расширения жидкости, см<sup>3</sup>/кг.

Известным приемом является замена одной скважины группой с соответствующим контуром (например, по И. А. Чарному, 1948).

При установившейся радиальной фильтрации сжимаемой жидкости формулы (250) и (251) очень мало отличаются от формулы для несжимаемой жидкости; разница имеется только в члене  $(1 + \beta P_m)$ .

Коэффициент  $\beta$ , называемый приведенным коэффициентом сжимаемости пласта, характеризует упругие свойства воды и породы. Величина его составляет примерно  $2 \cdot 10^{-4}$  1/ат, но для расчетов обязательно должна уточняться по опытным данным для конкретных условий. При

величине  $\beta$ , равной  $2 \cdot 10^{-4} \text{ л/ат}$ , и изменении давления на 100 ат  $(1 + \beta p) = (1 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot 100) = 1,02$ , т. е. разность по формулам (250) и (251) в сравнении с формулами для несжимаемой жидкости всего 2%. Однако в артезианских горизонтах при откачках, например с постоянным дебитом, в связи с упругостью водоносного горизонта динамический уровень устанавливается лишь через несколько месяцев, а иногда и через несколько лет. Гидрогеологические расчеты в таких случаях производятся по формулам, описанным в работах Маскета (1949 г.), В. Н. Щелкачева и Б. Б. Лапука (1949), Н. А. Плотникова (1959) и др.

Расчеты для оценки эксплуатационных запасов артезианских горизонтов на отдельных участках можно приближенно делать по методу районных депрессионных воронок (Плотников, 1946, 1959). По этому методу для районного расхода, учитывая упругие свойства артезианского горизонта, определяется районное понижение ( $S_p$ ), получаемое дополнительно к общему понижению уровня воды в скважине после начала эксплуатации. Районное понижение можно найти теоретически (Плотников, 1959), а также по опытным данным наблюдений за районным понижением уровней на эксплуатируемом участке артезианских вод или по расчетным параметрам по аналогии с другими эксплуатируемыми участками.

Проще всего районное понижение рассчитывать по формуле

$$S_p = \alpha \frac{Q_p}{1000}, \quad (252)$$

где  $Q_p$  — районный расход,  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ;

$\alpha$  — удельная районная депрессия, т. е. понижение уровней на 1000  $\text{м}^3/\text{сутки}$  районного расхода воды.

Удельная районная депрессия находится по формуле

$$\alpha = 1000 \frac{S_p}{Q_p}. \quad (253)$$

Следует помнить, что в районную депрессию и в удельную районную депрессию не входят понижения в наблюдаемой скважине, связанные с сопротивлением в ней и около нее при откачке (если таковая производится), а также понижение от влияния ближайших скважин, определенные по данным опытных откачек. Величина удельной районной депрессии для артезианских горизонтов с пресными водами колеблется от 0,2 до 1  $\text{м}/1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ , составляя в среднем 0,6  $\text{м}/1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$  и для рассолов (по трем объектам) от 5 до 40  $\text{м}/1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ .

Исследование связи между районным понижением уровней и районным расходом можно делать не только по формуле (252), но также по уравнениям прямолинейной и криволинейной регрессии (Плотников, 1946 и 1959), пользуясь коррелятивной связью. Так как при наблюдениях районные расходы несколько меняются и на положение уровней влияют естественные факторы, а также неравномерность откачек из скважин, то исследование по коррелятивной связи является принципиально целесообразным. Однако в ряде случаев разница между анализом по формуле (252) и по уравнениям коррелятивной связи оказывается незначительной. На рис. 252 показаны связи районного расхода и районного понижения для юрского артезианского горизонта одного из городов СССР по формуле (252), а также по уравнениям прямолинейной и криволинейной регрессии.

Для расчета полного понижения на контуре любой скважины ( $S_i$ ) можно пользоваться формулой

$$S_i = S_{од} + S_{сл} + S_p + S_{зап} \quad (254)$$

где  $S_{од}$  — понижение при откачке из одиночной скважины, м;  
 $S_{сл}$  — понижение от влияния соседних скважин, м;  
 $S_p$  — районное понижение, м;  
 $S_{зап}$  — понижение в запас, м.

Понижение при откачке из одиночной скважины приближенно можно определить по формуле

$$S_{од} = \frac{Q_{од}}{q}, \quad (255)$$

где  $Q_{од}$  — дебит одиночной скважины, м<sup>3</sup>/сутки;  
 $q$  — удельный дебит скважины, м<sup>3</sup>/сутки·м.

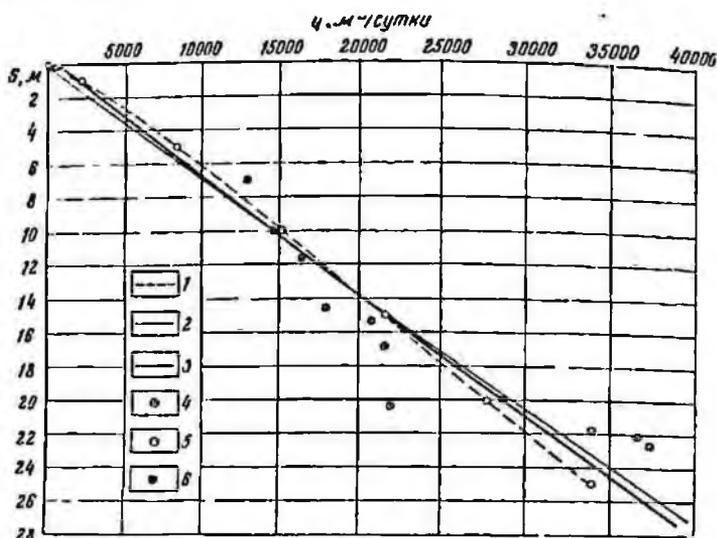


Рис. 252. Изменения уровней воды в юрском водоносном горизонте в одном из городов УССР в зависимости от районного расхода воды

1 — кривая по уравнению криволинейной регрессии; 2 — прямая по уравнению  $Q_p = \frac{S}{a}$  при  $a = 0,7$  ( $Q_p$  в тысячах м<sup>3</sup>/сутки); 3 — прямая по уравнению прямой регрессии; 4 — точки по данным наблюдений; 5 — точки кривой уравнения криволинейной регрессии; 6 — точки прямой уравнения прямой регрессии

Понижение от влияния соседних скважин можно определить по методу Альтовского.

Понижение в запас рекомендуется принимать 10—20% от ( $S_{од} + S_{сл} + S_p$ ). Понижение следует отсчитывать от минимального статического уровня в естественных условиях.

Полное понижение рекомендуется принимать, как правило, до кровли водоносного слоя, а в некоторых случаях и несколько ниже (например, при большей мощности водоносного слоя).

11. Оценка эксплуатационных запасов артезианских вод с газом. Газ в подземных водах может находиться в растворенном виде и в виде нерастворенных скоплений, от небольших заполнений до газовых месторождений.

При наличии достаточного количества газа в напорных подземных водах скважина или естественный выход этих вод будет действовать

по принципу газлифта, работа которого, кроме ряда других причин, определяется величиной газового фактора, т. е. отношения объемного расхода газа при атмосферном давлении к объемному расходу воды.

Газ в скважину может поступать из газоносного горизонта, а также выделяться из воды в связи с уменьшением давления. Величина газового фактора изменяется в зависимости от глубины скважины, что связано с выделением растворенного газа по мере уменьшения давления ближе к устью скважины.

Изменение газового фактора может происходить за счет изменения величины растворенного в воде газа, за счет поступления газа из газоносного горизонта и, в частности, в связи с изменением зеркала подземных вод над газовой шапкой. Нередко наблюдается и такое явление: если скважина не работает, то газ не выделяется или выделяется в незначительных количествах; когда скважина начинает работать (например, при откачке водоподъемником), то в связи с уменьшением давления газ начинает выделяться. При этом развивается самоизлив и тогда надобность в откачке отпадает.

Изменение газового фактора влияет на величину дебита воды из скважины. При наличии газа дебит скважин больше, чем без газа. Расчеты естественного газлифта мало точны. Дебит лучше определять опытным путем.

12. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по методу аналогии. Оценка эксплуатационных запасов водоносного горизонта или его отдельного участка может даваться по аналогии с другими изученными водоносными горизонтами или с другими участками того же горизонта, по которым имеются данные детальны изысканий или, что еще лучше, эксплуатации.

Аналогию можно проводить при наличии сведений о распространении, мощности водоносного слоя и характере пород, слагающих этот слой. В этом случае оценка водоносности дается по логическим рассуждениям.

При некоторых расчетах, в особенности приближенных, для рассматриваемого водоносного горизонта или его участка практически нельзя получить необходимые показатели (величину удельной районной депрессии до начала эксплуатации, коэффициента инфильтрации и пр.), входящие в формулы. В этом случае гидрогеологические показатели принимаются по аналогии с другими водоносными горизонтами или их участками, где имеется более подробная изученность. Следует учитывать, что при неполном сходстве гидрогеологических условий показатели берутся с поправками.

13. Учет влияния изменений условий питания водоносного горизонта на величину эксплуатационных запасов полезных вод. Гидрогеологические условия и, главное, питание и дренирование подземных вод изменяются под влиянием естественных и искусственных причин. Естественные изменения питания, связанные с метеорологическими и гидрогеологическими сезонными и многолетними колебаниями, широко известны.

Для оценки эксплуатационных запасов подземных вод важно также знать влияние современных геологических процессов на гидрогеологические условия. Последний вопрос в литературе освещен очень мало. Известны случаи влияния землетрясений на дебит источников, температуру и состав воды. Это влияние сказывается на значительные расстояния — до 1000 км от эпицентра, а вероятно, и более.

Современные медленные геологические и климатические изменения вызывают количественные и качественные изменения подземных вод. Так, на побережье Каспийского моря в связи с понижением его уровня на

несколько метров снизился уровень грунтовых вод, уменьшились и даже пропали некоторые источники, осушились болота.

В районе горы Агармыш около г. Старый Крым за последние столетия в результате накопления делювиальных отложений некоторые источники оказались погребенными под делювием и, в связи с этим, теперь не обнаруживаются.

При определении величины эксплуатационных запасов необходимо также учитывать возможное искусственное изменение гидрогеологических условий. Например, питание аллювиальных водоносных горизонтов в Средней Азии часто связано с инфильтрацией из оросительных каналов; если уменьшить фильтрацию из этих каналов, то питание таких водоносных горизонтов уменьшится.

Эксплуатация подземных вод обычно влечет за собой изменение естественных условий питания. При понижении уровней подземных вод в процессе эксплуатации создаются более благоприятные условия для возможностей увеличения питания. Ранее отмечалось, что в некоторых случаях область дренирования может сделаться дополнительной областью питания водоносного горизонта.

Расчеты по изменению величины эксплуатационных запасов подземных вод при изменении естественных условий питания следует делать, основываясь на анализе водопропускной способности водоносного горизонта с учетом баланса подземных вод.

14. Пути увеличения эксплуатационных запасов подземных вод. Обеспеченный расход подземного потока и расход подземных вод из каптажных сооружений создается в водоносном горизонте при наличии пьезометрических уклонов и обеспеченном постоянном или периодическом питании. Этот расход при соответствующей пропускной способности зависит, в основном, от двух величин: гидравлического уклона и питания водоносного горизонта. Влиять на них при эксплуатации каптажных сооружений можно путем дополнительных технических мероприятий. Водопропускную способность водоносного горизонта практически изменять нельзя, за исключением очень небольшой зоны непосредственно около каптажного сооружения. Но при соответствующих технико-экономических и санитарных условиях можно использовать участки водоносных горизонтов с лучшими фильтрационными свойствами и с большей мощностью водоносных слоев и, таким образом, получать большие эксплуатационные запасы.

Кроме выбора участка водозаборов подземных вод, важное значение для величины эксплуатационных запасов имеет конструкция водозаборов и размещение их на выбранном участке. Об этом изложено было выше.

Получение больших эксплуатационных запасов подземных вод путем увеличения пьезометрических уклонов к участку водозаборов может быть достигнуто увеличением понижения уровней на участке водозаборов и при соответствующих гидрогеологических условиях — приближением водозаборов подземных вод к области питания. При этом следует иметь в виду, что область дренирования водоносного горизонта при эксплуатации может нередко войти в область питания, тогда получится двустороннее питание водоносного горизонта.

На рис. 245 показан разрез вдоль напорного потока ограниченной ширины (в несколько раз меньше длины), схема гидрогеологических условий, в частности, условий питания и дренирования, и расположение вертикальных водозаборов поперек потока. Снижение уровня на участке водозабора в таких условиях вызывает увеличение гидравлического уклона со стороны области питания и уменьшение гидравлического уклона к области дренирования, пока последний не делается равным нулю, а при дальнейшем снижении примет обратное направление (от

области дренирования к водозаборам). В результате снижения уровня на участке водозаборов получается увеличение эксплуатационных запасов, что наглядно видно из формулы

$$Q_s = Q_{вз} - Q_{нз} = \alpha_v Y_{вз} - \alpha_n Y_{нз} \quad (256)$$

где  $Q_s$  — эксплуатационные запасы;  
 $Q_{вз}$  — расход подземного потока при эксплуатации выше водозаборов;  
 $Q_{нз}$  — то же, но ниже водозаборов;  
 $\alpha_v$  — водопроводимость (произведение коэффициента фильтрации на сечение потока) выше водозаборов;  
 $\alpha_n$  — то же ниже водозаборов;  
 $Y_{вз}$  и  $Y_{нз}$  — гидравлические уклоны при эксплуатации выше и ниже водозаборов.

Приближение участка водозаборов к области питания в соответствующих гидрогеологических условиях при тех же понижениях вызывает увеличение гидравлического уклона выше по потоку от водозаборов и уменьшение его ниже по потоку, что в результате дает увеличение эксплуатационных запасов. Это видно из формулы (256). При береговой инфильтрации приближение водозаборов к берегу реки сильно увеличивает дебит водозаборов, т. е. эксплуатационные запасы.

Если питание подземных вод происходит неравномерно и, в частности, периодически, то для увеличения эксплуатационных запасов необходимо рассчитывать на увеличение регулировочных запасов; при этом расчет работы водозаборов ведется по формулам неустановившегося движения, и понижения уровней воды в периоды максимальной сработки регулировочных запасов увеличатся.

В некоторых гидрогеологических условиях увеличение эксплуатационных запасов ограничивается технико-экономическими возможностями и санитарными требованиями. Например, приближение водозабора к реке при береговой инфильтрации ограничивается необходимостью по санитарным соображениям определения длины пути и времени движения воды из реки до водозабора. Понижение уровня глубоких артезианских вод лимитируется экономическими условиями. Увеличение понижения уровня для увеличения дебита минеральных вод в некоторых случаях влечет за собой уменьшение минерализации, что, например, наблюдалось при каптаже Кисловодского Нарзана (Овчинников А. М.; 1947). Увеличение дебита некоторых радиоактивных источников повлекло за собой уменьшение радиоактивности.

15. Особенности определения эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения, орошения, промышленного использования и для лечебных целей. Подземные воды используются для различных целей — для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения, для орошения, промышленного извлечения различных растворенных в воде веществ (поваренная соль, йод, бром и др.), а также для лечебных целей (включая сюда и минеральные столовые воды).

В зависимости от назначения и условий использования подземных вод изменяются требования к составу воды, а также детали оценки эксплуатационных запасов. Для водоснабжения и орошения эксплуатация подземных вод должна, как правило, рассчитываться с возобновлением запасов; при этом можно допустить сработку части вековых запасов с переводом их в регулировочные. Часто для лечебных целей и почти всегда для промышленного использования растворенных в воде веществ приходится рассчитывать на сработку вековых запасов

подземных вод древнего формирования с определенным составом; причем возмещение вод такого же состава на участке эксплуатации происходит в результате притока с других участков водоносного горизонта, а для всего водоносного горизонта в целом объем отобранных при эксплуатации подземных вод возмещается чаще водой иного состава.

При использовании вековых запасов подземных вод с составом древнего формирования особенно важно на основании анализа состава геологических условий решить вопрос об устойчивости этого состава гидродопустимой, а иногда и желательной изменчивости в расчетный период эксплуатации на участке каптажей.

При оценке запасов подземных вод древнего формирования без их восстановления с таким же составом на участке эксплуатации основным показателем для анализа устойчивости или изменчивости состава являются данные о распространении вод древнего состава и анализ продолжительности сработки их.

Важнейшим показателем для решения вопроса о составе подземных вод современного формирования на участке эксплуатации является гидрохимический анализ формирования, начиная от состава вод, фильтрующихся в водоносный горизонт. Для представления о продолжительности формирования подземных вод весьма показательным является коэффициент водообмена. В ряде случаев вопрос устойчивости состава подземных вод рекомендуется решать на основании данных наблюдений за режимом подземных вод.

Когда по условиям требуется вода питьевого качества (для лечебных целей, для хозяйственно-питьевого водоснабжения, для пищевой промышленности), необходимо соблюдать санитарные условия и, в частности, организовать зоны санитарной охраны. Это не требуется при эксплуатации подземных вод для производственного водоснабжения (исключая пищевую промышленность) и промышленного использования.

Потребность в воде для орошения связана со сроками орошения. При таких условиях в отдельные периоды отбирается много воды, в другие — отбор прекращается. Поэтому в случае периодического питания водоносного горизонта следует рассчитывать на максимальное увеличение регулировочных запасов.

При оценке эксплуатационных запасов подземных вод, в особенности минеральных и промышленных, часто приходится учитывать газовый фактор и его изменение. Производительность источников и каптажей минеральных и промышленных вод при наличии выделяющегося из воды газа иногда характеризуется периодичной изменчивостью. В связи с этим, оценивая дебиты каптажей и источников газированной (и с паром) подземной воды, необходимо иметь данные по мгновенному (секундному) и суточному расходу, что должно быть обеспечено соответствующими измерениями. Периодичность дебита наблюдается и у пресных источников, например у сифонных или перемежающихся. Поэтому для таких источников также нужны данные о мгновенном и суточном расходе.

При оценке эксплуатационных запасов для любых надобностей необходимо привести общую изменчивость дебита: многолетнюю, сезонную и в зависимости от ряда меняющихся важных факторов для соответствующих условий.

Используя подземные воды, обязательно нужно учитывать технико-экономические условия, но в некоторых случаях, например, для хозяйственно-питьевого водоснабжения, они обычно становятся второстепенными, а на первый план выдвигаются требования санитарно-гигиенические и обеспечения потребности.

Для подземных вод промышленного использования технико-экономические условия являются первостепенными. Эти условия, например,

для подземных йодо-бромных вод определяются минимально приемлемой концентрацией йода и брома, общим составом воды, температурой (желательно не менее  $+20^{\circ}\text{C}$ ), дебитами скважин, глубиной динамических уровней, глубиной скважин и комплексом природных, транспортных и хозяйственных условий района.

Целесообразность использования минеральных вод в основном определяется лечебной ценностью и достаточным дебитом их.

16. Особенности определения эксплуатационных запасов подземных вод в условиях многолетней мерзлоты. При определении эксплуатационных запасов подземных вод и источников в районах многолетней мерзлоты необходимо

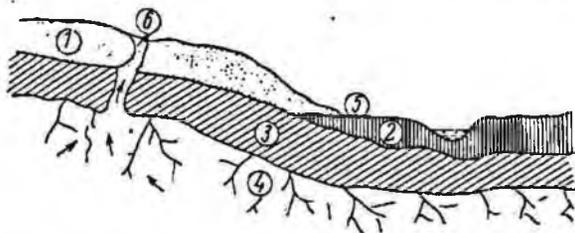


Рис. 253. Изменение места выхода источника в районе многолетней мерзлоты в связи с промерзанием деятельного слоя

1 — деятельный слой (зимнее промерзание) — пески с гравием; 2 — деятельный слой (зимнее промерзание) — глинистые породы; 3 — слой многолетней мерзлоты; 4 — трещиноватые водоносные породы (с положительной температурой); 5 — выход ключей летом, осенью и в начале зимы; 6 — выход ключей зимой и весной

особенно тщательно учитывать температурные условия и возможность их изменения. Это вызывается тем, что на различных участках подземных вод и их выходах в разные сезоны года, а также через ряд лет может происходить повышение или понижение температуры, что вызывает оттаивание или замерзание водоносных слоев.

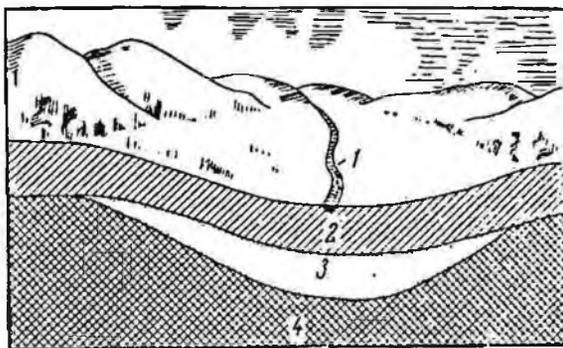


Рис. 254. Подрусловые воды в районе многолетней мерзлоты

1 — река; 2 — деятельный слой (зимнее промерзание); 3 — талик с водой — подрусловый поток; 4 — многолетняя мерзлота

На рис. 253 показаны условия изменения места выхода источника в связи с промерзанием зимой деятельного слоя: летом, осенью и в начале зимы источник выходит ниже по склону на участке 5, а зимой и весной — выше на участке 6.

Таким образом, в районах многолетней мерзлоты нужно учитывать возможность изменения дебита и места выхода источников в связи с промерзанием. Каптаж источника необходимо заглублять ниже дея-

...происходит промерзание водоносного слоя или  
...глубоких мерзлотных слоев.

...эксплуатационных запасов подрусловых вод в районе  
...следует учитывать изменение площади попереч-  
...поперечного сечения подруслового потока — талика с водой будет  
...по сезонам одного года, так и в течение ряда лет.

...многолетней мерзлоты наиболее надежным являются  
...и подрусловые воды, менее надежны — межмерзлот-  
...надмерзлотные в деятельном слое могут быть использованы  
...временного мелкого водоснабжения на летний и осенний

В районах многолетней мерзлоты одним из важнейших факторов  
...надежности эксплуатационных запасов подземных вод  
...температурный режим: постоянство температуры подземных вод  
...создает уверенность в обеспеченности эксплуатационных запасов;  
...повышение температуры вызывает опасение в надежности эксплуата-  
...запасов в связи с возможностью перемерзания водоносного  
...горизонта или его части.

### Выбор методов для определения эксплуатационных запасов подземных вод в зависимости от гидрогеологических условий

При оценке эксплуатационных запасов подземных вод необходимо,  
в первую очередь, получить ясное представление о гидрогеологических  
условиях залегания, распространения и питания подземных вод, их  
составе, дебитах источников и каптажей, так как комплекс этих условий  
(включая сюда гидрологические, метеорологические и прочие элементы),  
а также изученность их определяют применение тех или иных методов  
расчета эксплуатационных запасов.

Кроме того, выбор метода для оценки эксплуатационных запасов  
подземных вод определяется и потребностью в воде. Для каждого  
метода нужны соответствующие расчетные данные, указанные при изло-  
жении этих методов.

Ниже приводятся основные указания о применении различных мето-  
дов по оценке эксплуатационных запасов подземных вод для различ-  
ных условий.

1. Оценку эксплуатационных запасов подземных вод по методу  
балансовых подсчетов рекомендуется применять, по возможности, во  
всех случаях и обязательно для грунтовых вод, небольших артезианских  
бассейнов, а также, когда потребность близка к эксплуатационным запаса-  
сам и имеется возможность получить количественную характеристику  
основных элементов питания и дренирования подземных вод.

2. Использование методов подсчета эксплуатационных запасов по  
расходу потока в поперечном сечении рекомендуется применять, в основ-  
ном, для неглубоких водоносных горизонтов, приуроченных к рыхлым  
и в некоторых случаях к трещиноватым породам.

Для глубоких водоносных горизонтов, а также на участках значи-  
тельных дизъюнктивных тектонических нарушений указанные методы  
практически весьма затруднительны, а иногда и совсем непригодны.

3. Расчет эксплуатационных запасов по методу пьезометрии реко-  
мендуется применять как основной метод для неглубоких подземных  
потоков ограниченной ширины (не более 2—4 км) при потребности,  
составляющей заметную часть расхода подземного потока.

4. Расчет эксплуатационных запасов с учетом береговой инфиль-  
трации рекомендуется применять как основной метод для гидрогеологи-

ческих условий, когда грунтовые воды гидравлически тесно связаны с поверхностными и когда обеспечена инфильтрация этих вод.

5. Расчет эксплуатационных запасов с учетом регулировочной емкости следует применять в основном для грунтовых вод и для небольших артезианских бассейнов.

6. Расчет эксплуатационных запасов по методу каскада водозаборов рекомендуется применять для грунтовых вод при значительной потребности по сравнению с расходом подземного потока и, в особенности, при значительных перерывах в питании подземных вод.

7. Оценку эксплуатационных запасов подземных вод по данным опытных откачек из одиночных колодцев можно применять для различных гидрогеологических условий при небольшой потребности в воде.

8. Оценку эксплуатационных запасов по расчету взаимодействующих скважин следует применять, когда эксплуатационные запасы получаются из нескольких скважин. Применяя расчеты по установившемуся и неустановившемуся движению и, в особенности, метод Альтовского, необходимо учитывать изменение режима подземных вод при эксплуатации.

9. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с учетом упругих их свойств и по методу депрессионных воронок рекомендуется как основной метод для глубоких напорных подземных вод в различных гидрогеологических условиях.

10. Оценка эксплуатационных запасов по методу аналогии может применяться для ориентировочных расчетов при различных гидрогеологических условиях с наличием аналога.

11. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с истощением их вековых запасов по объему без восстановления применяется в редких случаях, но обязательно с обеспеченностью на расчетный период эксплуатации.

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с учетом сработки их вековых запасов древнего формирования при восстановлении на участке водозаборов и без восстановления запасов такого же состава в водоносном горизонте в целом применяется для подземных вод промышленного использования и в некоторых случаях для минеральных вод.

12. Оценка эксплуатационных запасов артезианских вод с газом обязательна для случаев выделения газа (и пара) из подземных вод или при наличии скоплений газов в водоносном горизонте.

13. При оценке эксплуатационных запасов в районах многолетней мерзлоты должно быть обращено особое внимание на температурные условия и возможность их изменения.

14. При оценке эксплуатационных запасов подземных вод, используемых для различных потребностей, следует учитывать различные требования к этим водам и некоторые особенности деталей оценки запасов.

15. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод обязательно должна делаться с учетом изменения режима их при эксплуатации и использования всех возможностей для увеличения (в случае необходимости) запасов.

16. Во всех случаях оценка эксплуатационных запасов подземных вод должна включать расчет дебита каптажей.

Следует иметь в виду, что определение эксплуатационных запасов является весьма сложной задачей, и широкой проверки методики расчета их нет. Оценку эксплуатационных запасов необходимо делать с весьма тщательным анализом принимаемой методики расчета для данных усло-

вий. Для проверки весьма желательно применять несколько методов оценки эксплуатационных запасов, а в ряде случаев совокупность методов.

### Методы оценки эксплуатационных запасов источников

**Принципы оценки.** Под эксплуатационными запасами источников понимается расход, который может быть получен из источника обычно в результате каптажа последнего. Каптаж делается с целью получения, как правило, наибольшего дебита в минимуме естественного расхода источника, а также для того, чтобы захватить подземную воду до выхода ее на поверхность, т. е. чтобы не допустить загрязнения. Расход источников меняется во времени и определяется общими гидрогеологическими условиями водоносного горизонта, из которого выходит источник, условиями питания этого горизонта и выход источника.

При оценке расхода источников принципиальное значение имеет классификация их на нисходящие и восходящие. Первые являются выходами грунтовых вод, и оценка расхода делается в основном путем анализа наблюдений за изменчивостью их дебита во времени. Восходящие источники являются выходами напорных вод, каптируются обычно

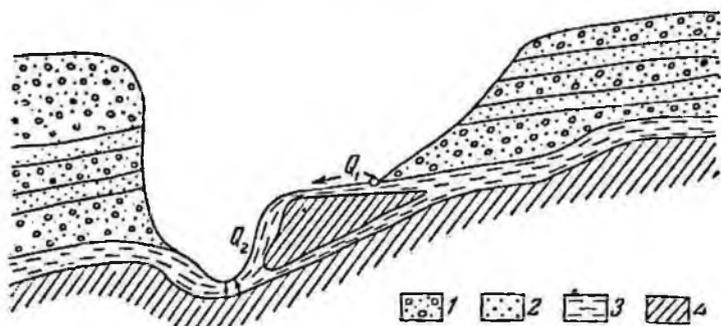


Рис. 255. Источник, получившийся в результате частичного подпора водоносного слоя водоупорной породой

1 — галечник с песком; 2 — песок; 3 — водоносный слой; 4 — водоупорная порода  
 $Q_1$  — верхний источник;  $Q_2$  — нижний источник

скважинами или шахтными колодцами и при понижении уровня воды в таких каптажах, например с помощью откачки, можно в соответствующих условиях получить увеличение расхода, т. е., кроме анализа общих гидрогеологических условий, оценку расхода восходящих источников следует делать путем исследования связи расхода с понижением уровня.

Гидрогеологические условия выхода нисходящих и восходящих источников многообразны. Ниже приводятся несколько примеров влияния этих условий на дебит источников.

На рис. 255 показан нисходящий источник  $Q_1$ , образовавшийся в результате частичного подпора водоносного слоя водоупорной породой. Во время минимального расхода в водоносном горизонте источник  $Q_1$  будет резко уменьшать свой дебит и вода будет выходить только источником  $Q_2$ ; при этом выход источника  $Q_2$  может быть ниже уровня реки и при поверхностном наблюдении может не обнаружиться. Если подземный поток захватить путем каптажа источника А (рис. 256), то новый расход источника  $Q_1$ , очевидно, будет составлять сумму расходов источников  $Q_1 + Q_2$  (см. рис. 255).

На рис. 257 показан источник из трещиноватой породы с сильно меняющимся дебитом. Если на этом источнике дебит измерять у выхода в точке *A*, то учтется лишь часть расхода; при замере в точке *E* расход будет больше.

На рис. 258 изображен восходящий источник из мергельно-мелового артезианского горизонта в Белгороде. Этот источник только частично дренирует водоносный горизонт; имеется ряд других восходящих источников и, в частности, поступающих под уровень воды в реке. При таких условиях, понижая уровень воды в источнике *A*, например откачкой, можно рассчитывать на устойчивое увеличение дебита его.

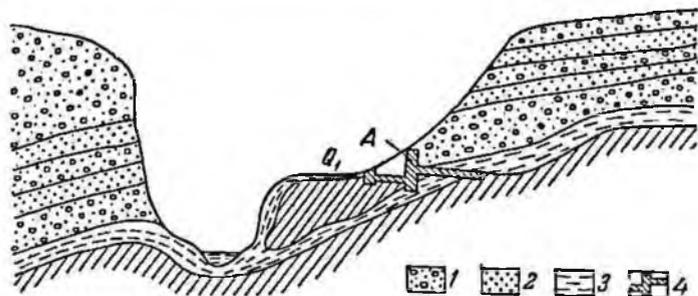


Рис. 256. Каптаж источника путем полного захвата подземного потока

1 — галечники с песком; 2 — пески; 3 — водоносный слой; 4 — водонепроницаемая порода

$Q_1$  — источник, полностью захваченный каптажом *A*

Если восходящий источник полностью дренирует водоносный горизонт (рис. 259), то получить устойчивое увеличение дебита мало вероятно.

При оценке эксплуатационных запасов источников следует учитывать состав их. Состав воды нисходящих источников из рыхлых отложений (песков) обычно изменяется мало. Большие колебания наблюдаются чаще в источниках, выходящих из трещиноватых и закарстованных

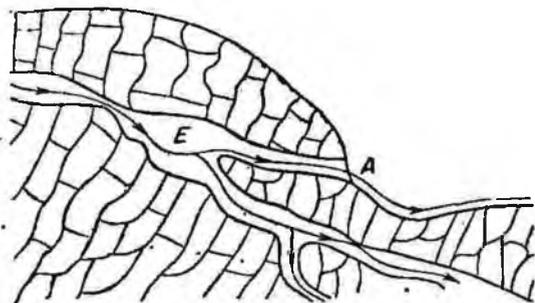


Рис. 257. Источник с сильно меняющимся дебитом из трещиноватой породы

*A* — выход источника на поверхность; *E* — место разделения струй источника

ных пород. Некоторые источники в районе г. Кисловодска, выходящие из трещиноватых и закарстованных известняков и находящиеся близко от области питания, во время дождей давали мутную воду с показателями загрязнения. Однако, когда были зацементированы несколько ближайших карстовых воронок, помутнение воды во время дождей почти прекратилось.

При использовании источников для хозяйственно-питьевых и лечебных целей организуются зоны санитарной охраны. Одним из санитарных мероприятий была цементация карстовых воронок, вблизи расположенных к источнику.

Оценка эксплуатационных запасов нисходящих источников. Расход источника изменяется как в течение года, так и в течение ряда лет. Кроме того, у некоторых источников отмечаются колебания расхода, иногда значительные, в течение суток. При оценке эксплуатационных запасов часто важно определить минимальный среднесуточный дебит с обеспеченностью, которую для водоснабжения

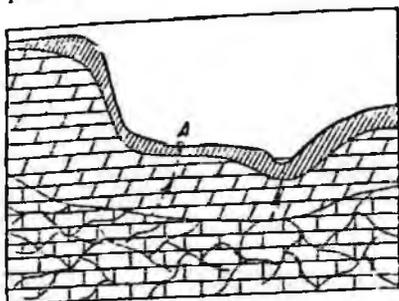


Рис. 258. Схема восходящего источника из трещиноватых верхнесенонских мелов в г. Белгороде

А — место выхода источника; 1 — делювиальные и аллювиальные отложения; 2 — трещиноватый водоносный мел; 3 — глинистый мел в основном водо непроницаемый; 4 — путь восходящего потока подземных вод

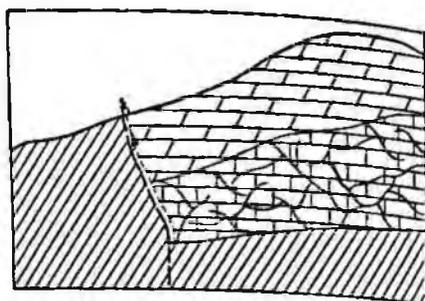


Рис. 259. Источник, вытекающий из сбросовой трещины с полным дренажем водоносного горизонта

1 — водо непроницаемые мергели; 2 — трещиноватые водоносные мергели; 3 — водо непроницаемые глинистые сланцы; 4 — линия сброса; 5 — путь восходящего потока подземных вод по линии сброса

принимают около 95—99%. Для наглядного представления об изменении расходов источника во времени составляется хронологический график дебита (рис. 260), по которому наглядно видны величины среднемесяч-

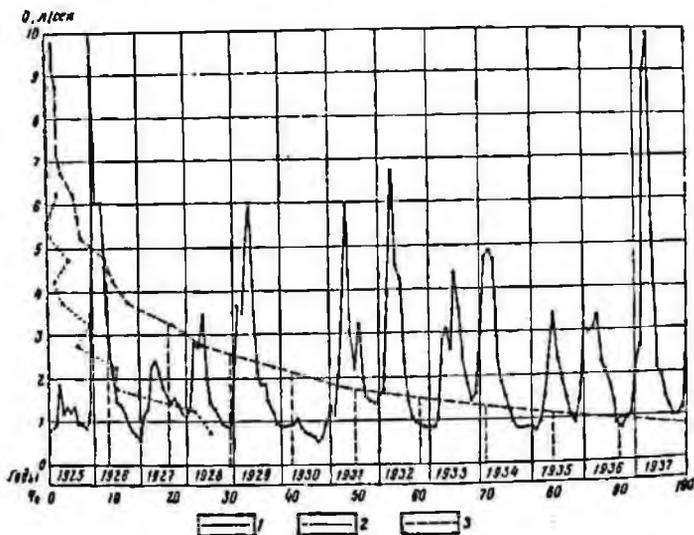


Рис. 260. График расхода источника — хронологический, частоты и обеспеченности

1 — хронологический график; 2 — кривая частоты; 3 — кривая обеспеченности

ных расходов, а также распределение по периодам года минимумов и максимумов расхода. На хронологический график целесообразно также наносить элементы (для соответствующих случаев: осадки, температуру, влажность воздуха, расход, уровни поверхностных вод и проч.), от которых зависит дебит источника. По такому совмещенному графику можно судить о факторах, влияющих на дебит ключа.

При анализе расходов большой интерес представляет повторяемость отдельных величин дебитов. Графически это изображается ломаной кривой распределения или частоты, которая в пределе будет иметь вид плавной кривой. Эта кривая (см. рис. 260) показывает по оси абсцисс процент повторяемости отдельных дебитов. Если, начиная от наибольшего расхода к наименьшему, последовательно прибавлять проценты повторяемости предыдущих расходов, то получим интегральную кривую, которая называется кривой обеспеченности (см. рис. 260). Эта кривая дает возможность сразу определить обеспеченность расхода. Например, на рис. 260 обеспеченности на 90% соответствует расход 0,95 л/сек.

Вышеприведенный анализ изменчивости расхода источника сделан по данным 13 лет наблюдений, т. е. в пределах случайных во времени наблюдений; кривая обеспеченности (см. рис. 260), построенная по таким данным, называется эмпирической кривой и является недостаточно точной по краям.

Теоретический анализ показывает, что при обеспеченности в 95% эмпирическая кривая на рис. 260 может дать ошибку 42% (Плотников Н. А., 1946, 1959). В связи с этим для анализа расходов источников пользуются не только простой статистической обработкой данных наблюдений, но производят теоретический анализ различными методами.

Для исследования зависимости между дебитом источника и метеорологическими, гидрологическими и другими влияющими на него факторами, а также для исследования связи между дебитом источника и дебитом аналога за параллельные периоды наблюдений можно воспользоваться методом корреляций для прямолинейной и криволинейной зависимости между двумя или несколькими величинами.

Коррелятивная зависимость между двумя величинами  $y$  и  $x$  выражается для ряда случаев уравнением прямой регрессии:

$$y - y_0 = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - x_0), \quad (257)$$

где  $x_0$  и  $y_0$  — средние арифметического ряда;

$r$  — коэффициент корреляции, являющийся мерой связи между величинами;

$\sigma_y$  и  $\sigma_x$  — стандартные вариации или среднеквадратичные отклонения  $y$  и  $x$  от их средних  $y_0$  и  $x_0$ .

При  $r = 1$  имеет место функциональная связь. Теоретически наличие коррелятивной связи между сравниваемыми явлениями будет иметь место при  $r > 0,5$ . При практических расчетах коррелятивную связь используют при  $r > 0,70$ .

Коэффициент корреляции определяется по формуле

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - y_0)(x_i - x_0)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - y_0)^2 \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - x_0)^2}}. \quad (258)$$

Стандартные вариации вычисляются по формулам:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i-n} (x_i - x_0)^2}{n-1}} \quad (259)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i-n} (y_i - y_0)^2}{n-1}} \quad (260)$$

Вероятная ошибка коэффициента корреляции вычисляется по формуле

$$\Delta r = \pm 0,67 \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \quad (261)$$

Пользоваться анализом связи по уравнениям регрессии желательно при числе членов ряда больше 10; если число членов будет меньше, то следует искать простую графическую связь, в особенности при криволинейной зависимости.

Методом корреляции можно пользоваться также для расширения периода наблюдений. При анализе коррелятивной связи между расходом источника и величинами, от которых зависит этот расход, необходимо учитывать физические (гидрогеологические) условия связи. На рис. 261

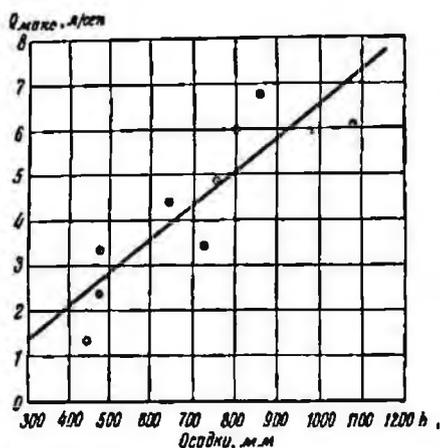


Рис. 261. Прямая регрессии связи максимального дебита источника с осадками

показана связь по уравнению прямой регрессии между максимальным годовым дебитом источника Южного берега Крыма и осадками за 9 лет. Так как число наблюдений близко к 10, то такой анализ допустим. Учитывая значительный дефицит влажности в летние, последние весенние и первые осенние месяцы, для корреляции приняты осадки за X, XI и XII месяцы предыдущего года и за I, II, III и IV месяцы данного года. При этом коэффициент корреляции получился 0,82. Связь, исследуемая за другие месяцы, была хуже в зависимости от худшего коэффициента корреляции. Следует отметить, что влияние осадков на расход источников по времени отстает; при этом иногда интервал отставания составляет более года.

Анализ изменчивости дебита источника можно проводить по теории вероятностей и путем построения теоретической кривой обеспеченности (Плотников Н. А., 1946, 1959).

Минимальный расход источника можно определить по следующим формулам, предложенным Майэ и Губером и выведенным Буссинеском:

$$Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)} \quad (262)$$

$$Q = \frac{Q_0}{[1 + \alpha(t-t_0)]^2} \quad (263)$$

где  $Q$  — искомый минимальный расход в конце интервала для времени  $t - t_0$ ;

$Q_0$  — расход в начальный период времени;

$e$  — основание натуральных логарифмов;

$a$  — постоянная для каждого источника.

Уравнение (262) справедливо при значительной мощности водоносного слоя и при режиме, «не испытывающем постороннего влияния». При небольшой мощности водоносного слоя можно пользоваться уравнением (263).

Оценка эксплуатационных запасов восходящих источников. После анализа общих гидрогеологических условий и условий выхода источника в случае, если восходящий источник не дренирует весь водоносный горизонт, оценку дебита этого источника следует делать по уравнениям и кривым дебита.

При прямолинейной зависимости дебита  $Q$  от понижения  $S$  можно применять уравнение

$$Q = qS, \quad (264)$$

где  $q$  — удельный дебит.

При параболической зависимости применяется уравнение

$$S = aQ + bQ^2, \quad (265)$$

где  $a$  и  $b$  — параметры уравнения.

Для степенных функций в общем виде используется уравнение

$$S = aQ^c, \quad (266)$$

где  $a$  и  $c$  — постоянные для искомой зависимости, или в виде логарифмической анаморфозы

$$\lg S = c \lg Q + b, \quad (267)$$

где  $b = \lg a$ .

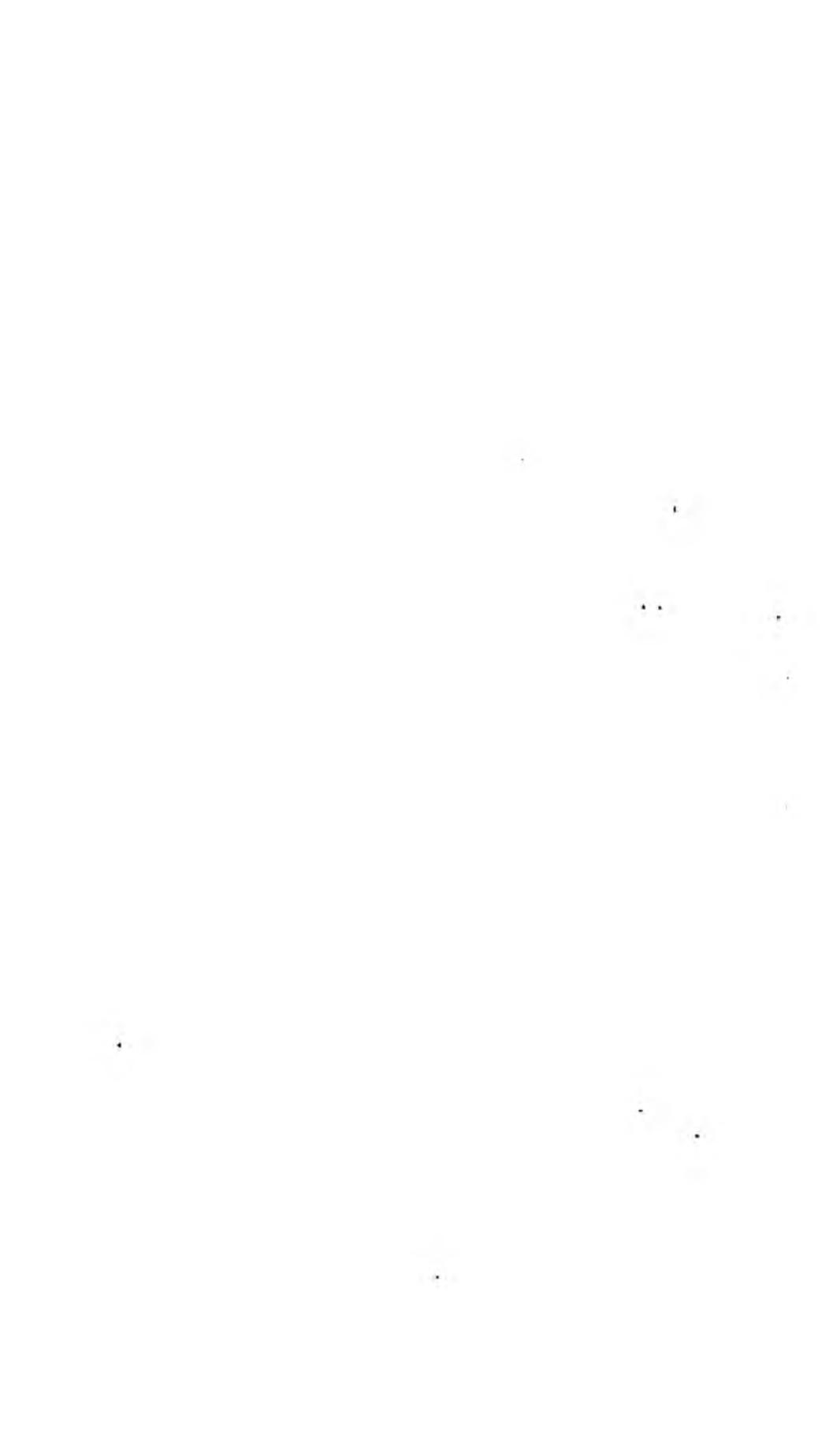
Для построения кривых дебита или составления уравнений рекомендуется иметь не менее трех точек.

Уравнения и кривые дебита составляются по данным опытных откачек из восходящего источника. Если же последний полностью дренирует водоносный горизонт, то анализ дебита его делается, как и для нисходящих источников.



ЧАСТЬ IV

КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ  
И УСЛОВИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ  
К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ  
РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



## ГЛАВА XIV

### КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Согласно действующей классификации все запасы месторождений твердых полезных ископаемых подразделяются на пять категорий ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$ ,  $C_1$  и  $C_2$ ), каждая из которых определяется комплексом требований к разведанности, изученности качества минерального сырья, его технологии, горнотехнических и гидрогеологических условий отработки месторождения.

Классификация запасов твердых полезных ископаемых устанавливает единые принципы подсчета и учета запасов полезных ископаемых в недрах, а также принципы определения подготовленности запасов для промышленного освоения в зависимости от изученности месторождения.

Запасы полезных ископаемых учитываются по наличию их в недрах без вычета потерь при добыче, обогащении или обработке; контуры запасов устанавливаются на основании разведочных геологических и геофизических данных.

Состав полезных ископаемых определяется независимо от возможного разубоживания при добыче или обработке, по данным анализов и испытаний проб как по основному, так и по сопутствующим компонентам.

Запасы полезных ископаемых подсчитываются в весовом выражении; подсчет запасов в объемном выражении допустим только для тех полезных ископаемых, при использовании которых не требуется точного определения веса.

Качественная характеристика полезных ископаемых изучается с учетом их назначения, технологии переработки, а также наиболее полного и комплексного использования по основному и сопутствующим ценным компонентам.

Запасы полезных ископаемых разделяются на две подлежащие отдельному учету группы: 1) балансовые, — удовлетворяющие промышленным кондициям и горнотехническим условиям эксплуатации; 2) забалансовые, — которые вследствие низкого содержания полезного компонента или минерала, малой мощности залежей или особой сложности условий эксплуатации, а также отсутствия промышленных методов переработки данного типа полезного ископаемого не могут быть использованы промышленностью в настоящее время, но могут рассматриваться как объект промышленного освоения в дальнейшем.

Запасы полезных ископаемых в охранных целиках шахт, транспортных магистралей, промышленных сооружений, заповедников и т. п. подсчитываются отдельно и относятся к группе балансовых, если они удовлетворяют промышленным кондициям.

Каждая из выделяемых категорий запасов характеризуется следующими требованиями:

Категория  $A_1$  — запасы полностью изучены и оконтурены подготовительными горными выработками или скважинами эксплуатационной разведки; гидрогеологические условия разработки изучены; промышленные сорта полезного ископаемого и распределение их установлены в каждом блоке; качество и технология обработки полезного ископаемого изучены на основании опыта промышленного использования.

Категория  $A_2$  — запасы детально разведаны и оконтурены выработками или буровыми скважинами; условия залегания горными природными типами и промышленных сортов полезного ископаемого, а также гидрогеологические условия месторождения и условия его разработки изучены; качество и технологические свойства полезного ископаемого выяснены с детальностью, обеспечивающей проектирование схем переработки и технологии использования полезного ископаемого.

Категория  $B$  — запасы разведаны и оконтурены горными выработками или буровыми скважинами; условия залегания изучены; природные типы и промышленные сорта полезного ископаемого установлены без детализации их распределения; качество и технологические свойства полезного ископаемого изучены в мере, обеспечивающей выбор схемы его обработки; общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения выяснены достаточно полно.

Категория  $C_1$  — запасы определены на основании редкой сети буровых скважин или горных выработок и примыкают к контурам запасов категорий  $A_1$ ,  $A_2$  и  $B$ ; запасы особо сложных месторождений, для которых, несмотря на густую сеть разведочных выработок, распределение ценного компонента или минерала не выяснено; качество, природные типы, промышленные сорта и технология обработки полезного ископаемого определены предварительно на основании анализов или лабораторных испытаний взятых проб, а также по аналогии с изученными месторождениями; общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения изучены предварительно.

Категория  $C_2$  — запасы, примыкающие к участкам месторождений, разведанным по категориям  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$ , а также предполагаемые по геологическим и геофизическим данным, подтвержденным опробованием полезного ископаемого в отдельных скважинах и выработках.

Промышленное назначение запасов отдельных категорий для действующих предприятий и для вновь разведанных месторождений несколько различное и примерно представляется следующим:

Запасы категории  $A_1$  на вновь разведанных месторождениях обычно отсутствуют, а на действующих рудниках, где они могут быть выявлены в процессе подготовительных работ, служат обоснованием для производственного планирования эксплуатационных работ.

Запасы категории  $A_2$  на вновь разведанных месторождениях совместно с запасами категорий  $B$  и  $C_1$  должны служить обоснованием для составления технических проектов и капиталовложений в строительство горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий. Наличие запасов категории  $A_2$  означает, что на месторождении полностью решены вопросы о возможности промышленного использования минерального сырья и полностью выяснены горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения, знание которых необходимо для составления технических проектов и эксплуатации. Разведка всех запасов месторождения до категории  $A_2$  необязательна и нецелесообразна.

На действующих горных предприятиях запасы категории  $A_2$  служат обоснованием для проектирования эксплуатационно-подготовительных

работ, а в случае сложного распределения полезного компонента или условий залегания тел полезных ископаемых, не позволяющих при нормальной густоте разведочных выработок получить запасы категории  $A_1$ , эти запасы могут быть использованы для обоснования производственного планирования эксплуатационных работ.

Запасы категории В совместно с запасами категории  $C_1$  на вновь разведанных месторождениях, в основном, служат обоснованием для разработки проектных заданий горных предприятий, а при наличии некоторого количества запасов категории  $A_2$ , если они могут быть выявлены в данных геологических условиях, — для обоснования технических проектов и капиталовложений в строительство таких предприятий. На сложных месторождениях, разведка запасов которых до категории  $A_2$  не осуществляется, запасы категории В совместно с запасами категории  $C_1$  могут быть использованы для обоснования технических проектов и капиталовложений в строительство горных предприятий при отсутствии запасов категории  $A_2$ . Однако в последнем случае качество сырья, его технологические свойства и горнотехнические условия отработки месторождения должны быть изучены с детальностью, предусмотренной для запасов категории  $A_2$ . Иногда на очень сложных месторождениях запасы категории В могут быть использованы непосредственно для обоснования производственного планирования эксплуатационных работ. На действующих горных предприятиях запасы категории В обычно используются для обоснования проектирования детальных разведочных и разведочно-подготовительных работ, а на сложных месторождениях — проектирования эксплуатационно-подготовительных работ.

Запасы категории  $C_1$  на вновь разведанных месторождениях совместно с запасами более высоких категорий служат обоснованием для технического проектирования и капиталовложений в строительство горных предприятий. В отдельных случаях, на очень сложных месторождениях, запасы категории  $C_1$  могут быть использованы для составления технических проектов при отсутствии запасов более высоких категорий. Однако в последнем случае качество сырья, его технология и горнотехнические условия отработки должны быть изучены с детальностью, предусмотренной для запасов категории  $A_2$ . Обычно же запасы категории  $C_1$  служат обоснованием для ассигнований на детальные геологоразведочные работы как на действующих горных предприятиях, так и на вновь разведанных месторождениях. В исключительных случаях запасы категории  $C_1$  некоторых полезных ископаемых чрезвычайно сложных месторождений могут быть использованы для проектирования эксплуатационно-подготовительных работ и даже для обоснования производственного планирования эксплуатационных работ.

Как правило, проектирование на запасах категории  $C_1$  без наличия запасов более высоких категорий связано с большим производственным риском и может быть оправдано только какими-либо исключительными причинами (срочность организации добычи, техническая невозможность разведки до более высоких категорий и др.).

Запасы категории  $C_2$  служат обоснованием для народнохозяйственного перспективного планирования и для планирования геологоразведочных работ.

Подготовленность запасов для обоснования проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий определяется соотношением количества балансовых запасов полезных ископаемых категорий  $A_2$ , В и  $C_1$ , установленным, исходя из следующих положений.

Разработка проектов и выделение капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий производится на основании балансовых запасов полезных ископаемых и сопутствующих им ценных

компонентов категорий  $A_2 + B + C_1$ , а по месторождениям, разведка которых до категории  $A_2$  вследствие небольших размеров, сложности их строения или распределения ценных компонентов (основного и сопутствующих) нецелесообразна, на основании балансовых запасов категорий  $B + C_1$ . Для отдельных месторождений, кроме угольных и сланцевых, с особо сложным строением или распределением ценных компонентов, которые не представляется возможным выяснить даже при густой сети разведочных скважин и горных выработок, разработка даже при проектах и выделении капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий могут быть допущены на основании балансовых запасов категории  $C_1$ , если условия разработки месторождения, качество и технология переработки полезного ископаемого выяснены достаточно полно.

Нецелесообразность дальнейшей разведки запасов до категории  $A_2$  или  $B$  и в исключительных случаях до  $C_1$  для разработки проекта горнодобывающего предприятия устанавливается Государственной или, в соответствующих случаях, территориальной комиссией по запасам полезных ископаемых при утверждении запасов.

При проектировании горнодобывающих предприятий для определения перспектив их развития, наряду с запасами полезного ископаемого по основному и сопутствующему ценным компонентам других категорий, учитываются и запасы категории  $C_2$ .

Соотношение запасов категорий  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$ , необходимое для обоснования проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий, определяется Положением о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения. Согласно указанному положению геологоразведочные организации Министерства геологии и охраны недр, а также других министерств и ведомств производят разведку месторождений полезных ископаемых по основному и сопутствующим ценным компонентам с доведением разведанности месторождений по основному компоненту до степени, позволяющей вести проектирование и строительство горнодобывающих предприятий.

Степень разведанности месторождений, передаваемых для освоения промышленностью, определяется соотношением балансовых запасов полезных ископаемых, приведенных в табл. 67.

Степень разведанности сопутствующих компонентов в месторождениях, содержащих несколько ценных компонентов, определяется степенью разведанности месторождений, достигнутой при выявлении запасов основных компонентов в требуемых соотношениях.

Для месторождений крупных размеров или месторождений с полезным ископаемым, уходящим на значительную глубину, указанное соотношение категорий балансовых запасов полезного ископаемого относится к разведанному участку месторождения или к его верхним горизонтам, запасы которых обеспечивают строительство горнодобывающего предприятия на нормальный срок эксплуатации предприятия. В этих случаях, наряду с разведкой основного участка, передаваемого в промышленное освоение, должны быть определены общие контуры месторождения или его общие перспективные запасы по категории  $C_2$ .

Наряду с разведкой месторождения основного полезного ископаемого и сопутствующих ценных компонентов геологоразведочная организация обязана провести необходимые поисково-разведочные работы для получения данных о наличии в районе разведанного месторождения местных строительных материалов, флюсов, источников водоснабжения, а также о гидрогеологических условиях месторождения. Указанные данные излагаются в отчете о проведенных разведочных работах и слу-

Соотношение балансовых запасов полезных ископаемых категорий А<sub>2</sub>, В и С<sub>1</sub>, необходимое для разработки проектов и выделения капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий

Таблица 67

Группы месторождений	В % от суммарных запасов категорий А <sub>2</sub> +В+С <sub>1</sub>		
	А <sub>2</sub> +В не менее	в том числе А <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>
<b>I. Месторождения цветных и редких металлов</b>			
<i>1. Месторождения свинца, цинка, меди, никеля, кобальта, олова, вольфрама, молибдена, ртути, сурьмы, золота, мышьяка и др.</i>			
а) Месторождения, представленные крупными рудными телами простой формы (пластообразные, штокообразные залежи) с равномерным распределением полезных компонентов . . . . .	30	5	70
Хорошо выдержанные россыпные месторождения, характеризующиеся равномерным распределением металла, относительно постоянной мощностью, сравнительно ровным плотником с незначительным уклоном			
б) Месторождения, представленные рудными телами значительной мощности и протяженности (линзообразные залежи) с относительно равномерным распределением полезных компонентов . . . . .	20	—	80
Выдержанные по ширине и длине россыпные месторождения с менее равномерным содержанием металла, характеризующиеся неровным плотником с крутым падением			
в) Месторождения, представленные сложными по форме рудными телами (линзы и жилы), не выдержанными по мощности, падению и простираению; содержание полезных компонентов неравномерное. Россыпи невыдержанные и гнездовые; россыпи мелких ключей и распадков . . . . .	5	—	95
г) Месторождения, представленные исключительно сложными и невыдержанными рудными телами (прожилками, трубчатыми телами, мелкими гнездами), со спорадической вкрапленностью . . . . .	—	—	100
<b>2. Месторождения алюминиевого сырья</b>			
а) Месторождения бокситов, представленные крупными выдержанными по мощности пластообразными залежами с относительно устойчивым качественным составом, а также и менее значительные месторождения, неглубоко залегающие от поверхности . . . . .	50	10	50
б) Месторождения бокситов, представленные линзами и неправильной формой залежами, не выдержанные по мощности, с изменчивым качественным составом . . . . .	30	—	70
в) Месторождения нефелина, алунита и кианита	25	5	75
<b>II. Месторождения черных металлов</b>			
<i>1. Месторождения железных руд</i>			
а) Крупные пластовые залежи простой формы с равномерным распределением полезного компонента	35	10	65
б) Крупные пластообразные и линзообразные тела, залегающие глубоко от поверхности или в сложных горнотехнических условиях . . . . .	35	—	65

Группы месторождений	В % от суммарных запасов категорий $A_2+B+C_1$		
	$A_2+B$ не менее	в том числе $A_2$	$C_1$
1. Руды линзовидной и неправильной формы с неравномерным распределением полезного компонента . . . . .	30	—	70
2. Месторождения марганцевых руд			
а) Руды пластовые месторождения рядовых тел с относительно равномерным распределением полезного компонента . . . . .	30	10	70
б) Руды пластовые линзовидные и неправильные тела рядовых руд с неравномерным распределением полезного компонента, залегающие относительно глубоко от поверхности . . . . .	20	—	80
3. Месторождения хромитовых руд			
а) Линзовидные и неправильные тела хромитовых руд . . . . .	40	5	60
III. Месторождения углей			
а) Месторождения с горизонтальным и пологим залеганием, простым геологическим строением, преимущественно с высокой угленасыщенностью, со сравнительно легкими условиями для разведок и промышленного освоения . . . . .	60	30	40
б) Месторождения с простым геологическим строением, устойчивой угленасыщенностью, несложными горно-геологическими условиями для разведок и освоения . . . . .	50	20	50
в) Месторождения со сложными геологическими условиями, преимущественно с невысокой и непостоянной угленасыщенностью, трудными горно-геологическими условиями для разведок и освоения . . . . .	50	—	50
IV. Месторождения неметаллических полезных ископаемых			
а) Месторождения пластовые, более или менее выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу и технологическим свойствам . . . . .	50	15	50
б) То же . . . . .	40	10	60
в) То же . . . . .	50	10	50
г) Месторождения пластообразные, линзовидные и жильные, более или менее выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу и технологическим свойствам . . . . .	40	10	60
д) Месторождения жильные, линзовидные, гнездовые, не выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу, технологическим свойствам . . . . .	—	—	100
е) Месторождения с исключительно сложным и неравномерным характером распределения полезного ископаемого и чрезвычайно сложными формами рудных тел . . . . .	—	—	100

100  
За исключением специальных, ранее принятых решений правительством или особых решений ГКЗ

Примечание. Для отдельных месторождений, обладающих индивидуальными особенностями, допускаются отклонения от указанного в настоящей таблице предельного соотношения запасов по категориям, специально оговариваемые в решениях ГКЗ (или ТКЗ) в каждом отдельном случае при утверждении запасов этих месторождений.

жат в дальнейшем основанием для проведения проектными организациями специальных изыскательных работ.

Сроки завершения геологоразведочных работ на месторождении, утверждения его запасов в ГКЗ (в соответствующих случаях в ТКЗ) и передачи в промышленное освоение устанавливаются годовым народнохозяйственным планом и отдельными решениями правительства, а также годовыми планами геологоразведочных работ министерств и ведомств.

Передача разведанных месторождений полезных ископаемых в промышленное освоение производится в следующем порядке:

а) главные геологические управления, управления и тресты Министерства геологии и охраны недр, а также других министерств и ведомств, выполняющих геологоразведочные работы, передают соответствующим промышленным министерствам, а также Совнархозам (организованным после сдачи книги в печать), ведомствам или их главным отраслевым (горнодобывающим) управлениям и трестам два экземпляра полного отчета о произведенной разведке со всеми необходимыми графическими материалами и протоколом ГКЗ (в соответствующих случаях ТКЗ), подтверждающим количество разведанных и утвержденных запасов по категориям;

б) по согласованию передающей и принимающей сторон организациями промышленных министерств дополнительно на месте передаются по акту первичные материалы разведки: геологическая, топографическая, маркшейдерская документация, керны буровых скважин, дубликаты проб, основные горные выработки по их состоянию на момент передачи, опорные пункты триангуляции и реперы, а также один или два экземпляра отчета о геологоразведочных работах.

В особых случаях, в частности при передаче в промышленное освоение очень крупных месторождений, по согласованию между передающим и принимающим министерствами (ведомствами) создается комиссия, которая оформляет актом передачу и приемку материалов по разведанному месторождению на месте.

При передаче в промышленное освоение части месторождения, если необходимо ускорить его освоение до завершения разведки всего месторождения, или когда нет необходимости полностью разведывать месторождение (в случае очень крупного размера), передача материалов производится только по разведанной части.

Разведанные и передаваемые Министерством геологии и охраны недр СССР или геологоразведочными организациями других министерств и ведомств месторождения полезных ископаемых с утвержденными ГКЗ (или ТКЗ) запасами и при соотношении разведанных запасов по категориям, указанным в таблице, должны приниматься промышленными министерствами (ведомствами) или их главными отраслевыми управлениями в трехмесячный срок (а по месторождениям, расположенным в отдаленных районах, — до 6 месяцев) после утверждения запасов ГКЗ (или ТКЗ) независимо от сроков последующего проектирования и строительства на базе этих месторождений горнодобывающих предприятий.

После передачи промышленностью указанных выше материалов по разведанным месторождениям запасы их включаются в баланс запасов соответствующего министерства, ведомства или горнодобывающего предприятия наряду с разведанными ими запасами и учитываются Главным управлением геологических фондов Министерства геологии и охраны недр СССР при определении их обеспеченности сырьевыми ресурсами.

После утверждения классификации запасов твердых полезных ископаемых ГКЗ были разработаны инструкции по применению классификации запасов к месторождениям всех основных видов минерального сырья. Первые выпуски инструкций, сыгравшие крупную роль в деле систематизации подсчета запасов, страдали существенным недостатком,

который заключался в том, что в них безоговорочно определялись требования к расстоянию между разведочными выработками, необходимыми для отнесения запасов того или иного месторождения к определенной категории. Такого рода категорические требования могли связывать инициативу разведчиков, ограничивая возможность разрабатывать методику разведки на основе анализа геологических особенностей месторождения.

Позднее этот недостаток был исправлен, и инструкции по главным видам минерального сырья были переработаны. Инструкции последних изданий, с одной стороны, определяют круг обязательных требований к изучению геологического строения месторождений, составу и качеству минерального сырья, с другой, — дают рекомендации относительно густоты разведочной сети, необходимой для подсчета запасов по отдельным категориям. Эти рекомендации не являются обязательными и не связывают инициативу руководителей геологоразведочных работ, они лишь отражают обширный опыт по разведкам и подсчету запасов разных типов месторождений полезных ископаемых в нашей стране и помогают выбрать систему разведочных работ и расстояния между выработками и скважинами.

Во всем комплексе вопросов по подсчету запасов полезных ископаемых особо ответственным и достаточно сложным является вопрос о распределении запасов по категориям. Широта признаков, определяющих категории, разнообразие типов месторождений, различные системы и неодинаковый уровень их разведки, неоднородная степень изученности минерального сырья создают условия, требующие относить запасы отдельных частей месторождения к той или иной категории с особой осторожностью. Инструкции по применению классификации запасов несколько регламентируют условия отнесения их к определенным категориям, но и эти инструкции оставляют достаточный простор для субъективного подхода к отнесению запасов отдельных участков некоторых месторождений к различным категориям. Возникающие в этих случаях спорные вопросы обычно разрешаются коллективно при утверждении запасов на заседаниях ТКЗ или ГКЗ<sup>1</sup>.

Сложность вопроса о классификации запасов полезных ископаемых усугубляется еще тем, что как в Советском Союзе, так и за границей нет работ, глубоко и всесторонне обобщающих проблемы классификации запасов и излагающих теоретические вопросы классификации.

Единственными работами этого рода являются упоминаемые выше инструкции ГКЗ. Поэтому в основу настоящей части книги положены указанные инструкции со значительным расширением их путем описания типичных примеров классификации запасов по группам месторождений, выделяемым для всех видов минерального сырья. Так как эти инструкции являются официальными документами, то пересказ их может не всегда вполне точно отобразить смысл той или иной формулировки. В связи с этим значительные разделы инструкций используются здесь текстуально только с некоторой перегруппировкой части их материала, необходимой для удобства изложения освещаемых вопросов. В указанных инструкциях коллективом крупных специалистов по разведке различных ископаемых обобщен огромный геологоразведочный опыт нашей страны, не имеющий себе равного по данной проблеме за рубежом.

Ниже приводятся условия применения классификации запасов твердых полезных ископаемых к различным группам месторождений.

<sup>1</sup> В настоящее время классификация запасов пересматривается и уточняется. В частности, категории А<sub>1</sub> и А<sub>2</sub> объединяются в одну категорию А, таблица соотношения различных категорий запасов для передачи месторождений в промышленное освоение упрощается — создается единая группировка для всех видов минерального сырья.

## 1. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К КОРЕННЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ ЦВЕТНЫХ, БЛАГОРОДНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

В настоящем разделе приводятся общие требования к разведанности и изученности месторождений указанных металлов и общие условия классификации их запасов, составленные на основе соответствующих инструкций. В них специалисты по разведке отдельных металлов найдут более подробные необходимые сведения об условиях классификации запасов этих металлов.

В составлении таких инструкций приняли участие: В. И. Смирнов (ртуть и сурьма), Л. П. Шепелев (свинец, цинк, мышьяк), Н. И. Цыганко и Ф. И. Ковалев (медь), А. А. Глазковский (никель, кобальт), Д. А. Зенков, П. Л. Каллистов и А. П. Прокофьев (золото), Т. В. Буткевич (молибден, вольфрам) и Г. И. Петров (редкие металлы).

### Требования к изученности месторождений

Для каждого месторождения еще в начальной стадии разведки должна быть составлена детальная геологическая карта, отвечающая всем требованиям детальной съемки. В частности, она должна обеспечиваться достаточно густой сетью точек наблюдений, которые наносятся на план инструментально. Масштаб детальной геологической съемки для мелких месторождений обычно принимается 1:1000, для средних и крупных, в зависимости от сложности геологического строения, — от 1:2000 до 1:5000.

Содержание детальных геологических карт должно, в первую очередь, отвечать потребностям разведки месторождения, а также отражать все элементы структуры месторождения, особенно имеющие отношение к контролю оруденения.

Разрывные формы необходимо выявлять и изображать на геологических картах с разделением их на нарушения дорудные, интратрудные и пострудные. Если возможно, каждую группу нарушений разделять по происхождению на типы деформаций сколовых и разрывных, а также на серии нарушений по сходству элементов залегания. Особенно детально изучаются нарушения, контролирующее оруденение. Для основных пострудных нарушений при детальной разведке определяются направления и амплитуды смещения.

Для некоторых месторождений (например, полиметаллических, ртутных, сурьмяных и др.) обстоятельно должны быть изучены, тщательно изображены на картах и описаны структуры геологических экранов, имеющие существенное значение в локализации руд. Такими экранами являются водонепроницаемые породы или тектонические глины, растертые по надвигам, под которыми нередко размещаются рудные залежи.

На детальных геологических картах должны быть показаны элементы залегания осадочных пород в точках их наблюдения, инструментально нанесены выходы маркирующих горизонтов, линии контактов интрузивов, дайки и пр., а фактические и предполагаемые границы изображены различными знаками. На эти карты наносятся также все обнаруженные признаки минерализации, в том числе и изменения вмещающих пород (хлоритизация, серицитизация, пиритизация, окварцевание, турмалинизация, гидротермальная доломитизация, разновидности скарнов и т. д.); инструментально наносятся все выходы рудных тел на поверхность независимо от промышленного значения их и предполагаемые выходы с изображением их другими знаками. В некоторых случаях рекомендуется наносить и подземные контуры рудных тел.

При перегрузке содержания геологической карты, вызывающей трудную ее читаемость, составляют специализированные (тематические)

геологические карты (структурные, литологические, минерализации и др.). Данные буровых и горных работ, если таковые в значительном количестве сопровождают детальную геологическую съемку, можно использовать для составления карты рыхлых отложений, на которую, помимо литологического состава, рекомендуется наносить изомощности рыхлого покрова, что иногда требуется для более точного планирования и проведения разведочных работ. Если на площади месторождения производилась шлиховая и металлометрическая съемка, то на эти же карты наносят ореолы рассеяния (как механические, так и солевые).

Детальные геологические карты должны сопровождаться серией вертикальных геологических разрезов, ориентированных параллельно друг другу, или расположенных по разным направлениям, в зависимости от характера геологического строения месторождения, и геологическим описанием, основанным на полевых материалах съемки и данных камеральной их обработки. Разрезы должны дополнять карту и помогать составить лучшее пространственное представление о геологическом строении месторождения. Именно с этих позиций должно устанавливаться их количество, ориентировка и местоположение. При составлении разрезов следует использовать не только данные геосъемки поверхности, но и материалы глубокой разведки. При камеральной обработке материалов необходимо провести петрографическое изучение пород, составляющих месторождение, с применением микроскопа и необходимых химических анализов. Особенно тщательно должны быть изучены породы, вмещающие рудные тела.

В общем случае требуется только краткое описание петрографического состава вмещающих пород на основании их макро- и микроскопического изучения. Специальные систематические петрографические исследования пород, вскрытых горными выработками и буровыми скважинами, нужны в случаях, когда петрографический состав вмещающих пород в значительной мере определяет технологические свойства руд, а также когда эти исследования могут способствовать расшифровке рудовмещающей структуры месторождений или помогают выяснению условий накопления рудного вещества.

Полное изучение минералогии руд следует организовать с первых стадий разведки месторождения, это изучение должно учитывать необходимость комплексного использования руды. Запасы руды, минеральный состав которой выяснен недостаточно, не могут квалифицироваться по категориям А и В.

Количественные соотношения жильных и рудных минералов, структура и текстура руд, характерные размеры отдельных зерен и сочетаний минеральных агрегатов, обычные формы сростания важнейших минералов должны быть известны настолько, чтобы степень изученности их была достаточной для ориентировочного определения крупности измельчения руд и возможного поведения минералов при обогащении. Обязательно также выяснение формы нахождения в рудах полезных и вредных элементов (связь их с теми или другими минералами).

Необходимо проводить изучение процессов изменения пород месторождения под влиянием рудоносных растворов, детализацию стратиграфической колонки месторождения, изучение палеонтологических остатков и уточнение возраста вмещающих их слоев, изучение фациальной изменчивости слоев в пределах месторождения, стратиграфические сопоставления колонок месторождения и района.

Центральной частью геологического описания месторождения должно являться описание оруденения, содержащее следующие основные элементы: характеристику геологической позиции рудных тел (условия залегания), описание размеров и морфологии рудных тел, их внутреннего строения, вещественного состава (рудная минералогия и рудная

геохимия); наиболее подробным должно быть описание полезных компонентов и закономерностей их распределения в контурах рудных тел. При выявлении стадий и этапов рудообразования особенно детально изучаются продуктивные стадии выделения главных металлоносных минералов, определяющие парагенетические ассоциации руд, выясняется пространственное размещение сортов руд и обуславливающие его закономерности.

Ближайшие окрестности месторождения необходимо охватить геологической съемкой в более мелком масштабе, от 1:10 000 до 1:50 000, в зависимости от местных геологических условий; на геологической карте изобразить все комплексы пород с обязательным выделением рудоносных комплексов, отразить основные черты геологических структур района с подчеркиванием рудоконтролирующих нарушений, показать все проявления магматизма (изверженные породы и зоны измененных пород), нанести все известные месторождения и рудопоявления. Геологическая карта должна сопровождаться стратиграфической колонкой, двумя-тремя геологическими разрезами и кратким геологическим описанием района.

Если при поисках и разведке месторождения применялась геофизика, необходимо представить карту геофизических аномалий и другие графические материалы, отображающие результаты этих работ.

Разведка коренных рудных месторождений осуществляется горными выработками и буровыми скважинами в зависимости от условий залегания рудных тел, их формы, размеров, характера распределения полезных компонентов, горнотехнических и гидрогеологических условий; существенное значение имеет также рельеф поверхности месторождения.

Принятая методика разведки может считаться рациональной в случае, если она обеспечивает достаточно высокую экономическую эффективность выявления запасов и одновременно получение надежных геологических данных для подсчета запасов и общей оценки месторождения.

Весьма важным является детальное изучение поверхности и верхних горизонтов месторождения, так как в большинстве случаев только при этом может быть правильно понята геологическая позиция месторождения, а в соответствии с этим и рационально направлены разведочные работы для выявления запасов на глубоких горизонтах. Вместе с тем детальная изученность месторождения с поверхности позволяет более уверенно и обоснованно интерпретировать геологические данные, полученные по буровым скважинам и подземным горным выработкам.

С поверхности месторождение обычно вскрывается горными выработками (канавами, дудками и шурфами). Цель проведения их заключается во вскрытии выходов рудных тел, погребенных продуктивными выветриваниями горных пород.

Канавы и дудки следует проходить в пределах технической возможности до коренных пород. В месте вскрытия рудного тела они должны быть углублены до самых низов элювия и тщательно очищены к моменту их документации и опробования.

Шурфы проходятся для вскрытия выходов рудного тела и для изучения его самых верхних частей. Шурфы, проходимые для вскрытия выходов рудного тела, не всегда могут точно попасть на его выход и поэтому иногда сопровождаются рассечками. Последние должны пересекать по линии мощности не только полностью рудное тело, но и измененные вмещающие породы.

Шурфы, проходимые для целей исследования верхних частей рудных тел, могут быть вертикальными или наклонными и сопровождаться рассечками. Вертикальные шурфы следует проходить с расчетом пол-

ного пересечения мощности рудного тела. Для этой же цели служат и рассечки из них.

Наклонные шурфы, проходимые в рудном теле, должны захватывать полную мощность последнего. Если мощность рудного тела превышает размеры шурфа, то последний следует проходить вертикально или вскрывать тело по мощности рассечками. Штреками, проходимыми или шурфов, необходимо захватить полную мощность рудного тела, которое должно находиться в центре забоя, и часть вмещающих пород.

Расположение канав, дудок и шурфов должно быть по возможности равномерным, но не в ущерб целям изучения выходов. С другой стороны, следует учитывать необходимость использования их в будущем для составления вертикальных поперечных разрезов и располагать хотя бы частично по створам разрезов.

Глубокие горизонты рудных тел могут быть разведаны бурением и подземными горными выработками.

Буровая разведка месторождения обычно начинается после того, как проведено вскрытие выходов рудных тел при помощи поверхностных выработок и имеет две цели: оконтуривание рудных тел на глубине и их внутриконтурное исследование. Основной целью оконтуривающих скважин является констатация наличия или отсутствия оруденения в пунктах исследования. Для полного оконтуривания необходимо пройти известное количество безрудных выработок за пределами контура. Скважины внутриконтурного бурения проходятся с целью получения данных о мощности рудного тела и о содержании в нем полезных и вредных компонентов.

По всем пробуренным скважинам измерение азимутальных и зенитных искривлений следует проводить не реже чем через 50 м по длине скважины. Данные замеров необходимо использовать при построении геологических разрезов.

При пересечении рудных тел изотропного строения выход керна должен быть не менее 70%, при пересечении рудных тел аннзотропного строения (перемежающиеся рудные зоны) — не менее 80%. Данные опробования керна могут быть использованы только тогда, когда отсутствует избирательное истирание. При наличии последнего должны быть использованы и данные опробования шлама.

При разведке штокерковых рудных тел и рудных зон с прожилковой минерализацией выход керна не может служить главным показателем качества бурения. Основным показателем в этом случае является отсутствие избирательного истирания прожилков. При наличии значительного истирания прожилков буровые пробы могут быть использованы только для учета запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$  и только при условии проведения опробования бурового шлама.

При обработке материалов бурения для подсчета запасов необходимо составить таблицы выхода рудного керна по всем скважинам. В случае получения низкого выхода керна возможна вторичная перекатка рудного тела из тех же скважин с применением их искусственного искривления; кроме того, необходимо при соответствующих геофизических условиях подвергать скважины каротажу для более точного определения положения и мощности рудного тела. Каротажные диаграммы и пояснения к ним должны быть приложены к материалам подсчета запасов.

Измерение искривления скважин ударно-канатного бурения, проходимых на небольшую глубину (до 100 м), может не производиться. Если глубина превышает 100 м производится измерение азимутальных и зенитных искривлений следует не реже чем через 50 м. Для скважин ударно-канатного бурения необходимо производить их каротаж с целью установления истинных границ рудного тела.

При детальной разведке месторождений скважинами ударного бурения, отбор проб должен производиться при систематическом продвижении обсадных труб вслед за углубкой.

Подземные горные выработки (штольни, шахты, штреки, орты и пр.) закладываются с целью детальной разведки глубоких горизонтов месторождения. Горноразведочные выработки чаще применяются после того, как доказано наличие оруденения на глубине их заложения, т. е. когда пробурено несколько буровых скважин, пересекших руду. Исключения составляют небольшие и сложные по форме тела, разведка которых производится исключительно горными выработками. Если рудное тело залегает на склонах долины и вскрыто с поверхности на разных отметках, то горные выработки могут быть заложены в интервалах между точками вскрытия и без предварительных буровых работ.

Расположение горноразведочных выработок должно учитывать возможность использования их для целей эксплуатации.

Важнейшими геологическими факторами, определяющими степень сложности месторождений и методику их разведки, являются: форма и размеры рудных тел, выдержанность мощностей и характер распределения содержаний полезных компонентов в рудных телах, а также условия залегания рудных тел.

На основании указанных признаков согласно действующей классификации запасов месторождения цветных, редких и благородных металлов объединены в следующие группы:

группа «а» — месторождения, представленные крупными рудными телами простой формы (пластообразные, штокообразные залежи) с равномерным распределением полезных компонентов;

группа «б» — месторождения, представленные рудными телами значительной мощности и протяженности (линзообразные залежи) с относительно равномерным распределением полезных компонентов;

группа «в» — месторождения, представленные сложными по форме рудными телами (линзы и жилы), невыдержанными по мощности, падению и простиранию; содержание полезных компонентов неравномерное;

группа «г» — месторождения, представленные исключительно сложными и невыдержанными рудными телами (прожилками, трубчатыми телами, мелкими гнездами), со спорадической вкрапленностью.

Месторождения группы «а», имеющие пластообразную форму и равномерное распределение полезных компонентов, как правило, разведываются вертикальными буровыми скважинами и в отдельных случаях подземными горными выработками. Скважины и шурфы при разведке месторождений группы «а» располагаются по квадратной и иногда по прямоугольной сети. Квадратная сеть применяется в случае более или менее изометрического очертания рудной залежи и отсутствия четко выраженного направления наибольшего изменения мощности рудного тела и качества руды. При ярко выраженном направлении наибольшей изменчивости, обусловленной удлиненной формой рудного тела, целесообразно применять прямоугольную разведочную сеть с заложением скважин по линиям вкрест простирания рудной залежи. В этом случае расстояния между разведочными линиями принимаются большими, чем расстояния между скважинами на линиях с сохранением соответствующей средней плотности сети.

Для разведки месторождений группы «б» применяются буровые скважины в сочетании с подземными горными выработками. Разведка буровыми скважинами производится по сети, а также по профилям (разведочным линиям), причем скважины задаются со стороны всякого бока рудных тел. Разведочные линии располагаются вкрест простирания рудной залежи с таким расчетом, чтобы последняя была пересе-

чена скважинами в плоскости падения по прямоугольной сети. Разведка производится последовательно от верхних горизонтов к нижним путем постепенного сгущения сети скважин.

Разведку месторождений группы «в» производят буровыми скважинами, как правило, в сочетании с горными выработками. Буровые скважины, обычно наклонные, задаются по разведочным линиям, расположенным вкрест простирания рудных жил и проходятся со стороны висячего бока. При очень крутом залегании жил бурение разведочных скважин допускается по условиям рельефа местности и со стороны лежащего бока. Разведку сближенные жилы, необходимо рассчитать заложение скважин таким образом, чтобы пересечь одной скважиной несколько жил или всю серию их на наиболее выгодных горизонтах. При этом следует обеспечить по возможности правильную разведочную сеть для более крупных жил.

Поскольку жилы имеют обычно небольшую и часто изменчивую мощность, а также невыдержанное содержание полезных компонентов, разведка их для выявления запасов категории  $A_2$ , а иногда и категории В, возможна только подземными горными работами.

Во многих случаях по условиям рельефа местности разведку жил на верхних горизонтах производят штольнями с системой штреков по отдельным жилам. Нередко, однако, для разведки требуется проходка разведочных или разведочно-эксплуатационных шахт.

Разведка месторождений группы «г», характеризующихся небольшими размерами и наиболее сложной формой, производится главным образом горными выработками. Буровые скважины, проходимые с поверхности, обычно устанавливают только наличие рудных тел. Для отдельных месторождений при достаточном количестве буровых скважин, расположенных по плотной сети, могут быть получены запасы категории  $C_1$ .

Выявление запасов категории В возможно только путем проведения горноразведочных выработок. Для этой цели применяется проходка штолен, квершлагов, штреков, восстающих и других выработок, вскрывающих и прослеживающих рудные жилы, их апофизы, разветвления, смещения и пр.

Во всех случаях, когда мощность рудного тела превышает ширину разведочной выработки, для определения истинной ее величины и для опробования руды из штрека и восстающих проходятся рассечки или короткометражные скважины; последние применяются также для обнаружения и оконтуривания побочных рудных тел и смещенных частей основной залежи.

В месторождениях, где элементы залегания и форма рудных тел сильно осложнены тектоническими нарушениями, рекомендуется применять проходку дополнительных скважин или горных выработок для прослеживания смещенных частей рудных тел. В месторождениях, например силикатных никелевых руд, дополнительные скважины иногда требуются для оконтуривания закарстованных участков известняков в контактах с серпентинитами, где обычно залегают наиболее богатые руды, образующие сложные по форме гнезда.

Для ускорения определения общих перспектив месторождения и выявления запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$  рекомендуется проходка опережающих глубоких скважин по наиболее перспективным разведочным профилям.

При детальной разведке месторождений групп «б», «в» и «г» для отнесения запасов их к категории  $A_2$  необходимо проведение контроля буровых скважин горными выработками, при котором последние необходимо сопрягать со скважинами. Кроме того, контроль буровых скважин горными выработками производится во всех случаях, когда колон-

ковое бурение дает низкий выход керна, не отвечающий указанным выше нормам. Количество контрольных выработок зависит от результатов бурения, характера оруденения и должно быть достаточным для надежного суждения о достоверности данных разведки.

Все разведочные выработки, пересекающие рудное тело, следует опробовать с расчетом получения данных не только по промышленным (балансовым), но и по забалансовым рудам.

В канавах, дудках и шурфах, кроме опробования коренных выходов, необходимо опробовать рыхлые продукты их выветривания. Метод опробования, начальный вес проб и частота их отбора выбираются в соответствии с размерами рудных интервалов, строением рудных тел, а также со свойствами и изменчивостью оруденения.

Буровые скважины должны быть опробованы по всем интервалам, пересекающим как рудное тело, так и измененные вмещающие породы. При недостаточном выходе керна, или при наличии избирательного истирания рекомендуется опробовать буровой шлам и буровую мусть. Буровой шлам должен быть очищен от буровой дроби. Для полноты сбора буровой мути забой скважины тщательно промывается.

Опробование буровых скважин следует вести поинтервально с учетом внутреннего строения пробуренных руд и пород. Для руд изотропного строения могут быть приняты одинаковые интервалы опробования. Длина интервала выбирается с учетом размеров рудного тела установленных кондиций и принятой точности оконтуривания.

При опробовании подземных горных выработок необходимо предварительно обосновать выбор типа пробы и плотность опробования.

Опробование выработок, пересекающих рудное тело по всей мощности (орты, рассечки, некоторые шурфы, штольни), может производиться как по одной стенке, так и по двум. Стенки выработок должны опробоваться непрерывно по всей мощности рудного тела и измененных боковых пород. Интервалы опробования (длины борозд) в зависимости от особенностей внутреннего строения рудного тела могут быть неодинаковыми. Участки с богатым содержанием полезного компонента необходимо опробовать с расчетом отдельного их оконтуривания и самостоятельного подсчета запасов этих участков.

Опробование штреков и восстающих, захватывающих полную мощность рудного тела (жилы), должно проводиться по забоям; пробы, отобранные по кровле, обычно не представительны. Пробы по руде и по вмещающим породам следует брать отдельно.

Штреки и восстающие, не захватывающие полной мощности рудного тела, могут быть подвергнуты опробованию только в случае изотропного строения рудного тела, при анизотропном строении его (параллельно расположенные прожилки, полосчатые, ленточные текстуры) пробы берутся только на тех интервалах, где заложены поперечные разведочные выработки, штреки и восстающие можно не опробовать.

Химический состав руд должен быть изучен с достаточной полнотой, обеспечивающей возможность оценки промышленного значения как основных компонентов, так и всего комплекса попутных компонентов. Для выявления последних необходимо иметь достаточное количество спектральных (20—30) и химических анализов для каждого из присутствующих на месторождении типов руд.

Подсчет запасов представляется обязательно по всем промышленным компонентам, установленным в рудах.

Для опробования руд на второстепенные (шлакообразующие) и попутные компоненты следует составлять групповые пробы: по скважине, орту, рассечке в целом. Для маломощных тел объединяются пробы штреков с учетом особенностей выявленного распределения основного компонента по типам руды. Объединение (составление групповых проб)

производится из дубликатов проб с взятием навесок пропорционально первоначальным размерам проб (длинам борозд).

При опробовании разведочных горноподготовительных и очистных выработок возможно применение объединения проб для экономии расходов на химические анализы, но не в ущерб целям подсчета запасов и оперативного планирования добычи.

Схема обработки проб, взятых из горных выработок и буровых скважин, должна обеспечить соответствие состава навески, поступающей в анализ, составу первоначальной пробы, что достигается правильным выбором коэффициента «К» в формуле, применяемой для сокращения проб при их обработке.

Содержание полезных компонентов в руде и вредных примесей устанавливается на основании данных химических анализов результатов определений другими методами, достоверность проб или является доказанной (полярнографический, геофизический и другие методы).

Химические анализы должны производиться на все основные и сопутствующие компоненты, которые оказывают влияние на качественную промышленную характеристику руды.

Для суждения о промышленной ценности рассеянных и редких компонентов, содержащихся в руде, полные химические и спектральные анализы проб часто не дают достаточных материалов. Для этого должны выполняться количественные химические анализы на редкие и рассеянные элементы мономинеральных проб и всевозможных продуктов переработки рудного сырья.

Для месторождений малых масштабов, где возможные запасы редких и рассеянных элементов не представляют существенного интереса, детальное освещение этого вопроса не обязательно.

На золоторудных месторождениях в целях предотвращения погрешностей, связанных с наличием в руде свободного ковкого золота, при обработке проб со средним по крупности золотом следует внимательно просматривать материал, остающийся на ситах при контрольном просеивании, которым сопровождается каждый прием измельчения. Обнаруживающиеся при этом золотишки должны извлекаться из пробы и взвешиваться. Взвешиваются и сами пробы на каждой из тех стадий обработки, при которых обнаружены золотины. Все извлеченное золото должно быть учтено при вычислении содержания в пробах. На месторождениях с крупным золотом в процессе обработки проб крупные частицы металла следует извлекать путем амальгамации, отсадки или другими способами до производства сокращения проб.

На месторождениях сульфидных руд запасы оконтуриваются и подсчитываются отдельно для окисленных и сульфидных руд. Степень окисления тех и других руд по основным компонентам должна быть охарактеризована достаточным количеством рациональных анализов для каждого крупного блока.

Для установления необходимости производства химических анализов на те или иные компоненты целесообразно все пробы предварительно пропускать через спектральный анализ, или использовать другие скоростные качественные и полуколичественные методы анализа. Результаты анализов проб как на основные, так и на сопутствующие полезные компоненты должны подвергаться контролю. Получение объективных данных контроля, свидетельствующих об удовлетворительном качестве анализов, является обязательным. Порядок контроля работы химических лабораторий и способы обработки материалов контрольных анализов проб разобраны выше (см. I часть).

Обязательно определение объемного веса руд. Для мягких и сыпучих руд объемный вес определяется выемкой целлюлозных проб; для крепких руд

он устанавливается лабораторным путем, причем вводится дополнительная поправка на грубую трещиноватость, если таковая устанавливается в процессе геологической документации горных выработок, пройденных по руде.

Определение влажности обязательно для всех руд, особенно для пористых и влагоемких. Влажность последних должна определяться по сортам руд в разное время года и в различных местах месторождения, на разных его горизонтах.

Объемный вес и влажность определяются в одних и тех же характерных образцах, для которых обязательны минералогическая характеристика и химический анализ на важнейшие компоненты.

Для проведения технологических испытаний руд, требующих обогащения в процессе разведки, отбираются технологические пробы — типовые (по типам и сортам руд) и генеральные, — согласно существующим правилам. При отборе проб необходимо обеспечить их представительность. Технологическая изученность руд для запасов промышленных категорий должна обеспечивать получение кондиционного полуфабриката или фабриката.

При разведке следует выяснить гидрогеологические условия эксплуатации месторождения. Гидрогеологическая характеристика месторождения должна содержать описание водоносных горизонтов, водоносных тектонических зон, взаимосвязи их между собой, статических и пьезометрических уровней их, коэффициентов фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод, различных плывунов, состава и качества подземных вод, а также определить величины возможного притока воды в момент вскрытия месторождения и возможного притока при эксплуатации. Когда гидрогеологическая обстановка на месторождении для производства горных работ благоприятна, представление подробных данных о специальных гидрогеологических исследованиях не требуется. При изучении новых месторождений необходимо предварительно охарактеризовать источники получения питьевой и технической воды.

Для освещения горнотехнических условий эксплуатации должна быть представлена характеристика физических свойств вмещающих пород и руд, в частности: крепость по одной из принятых шкал, трещиноватость и ее характерная ориентировка, устойчивость пород в разведочных выработках, кусковатость отбиваемой руды и горной массы с разделением по классам, коэффициент разрыхления.

Для месторождений, которые могут разрабатываться открытым способом, требуется изучение трещиноватости, тектонических зон, участков изменения пород и циркуляции вод, способствующих оползанию пород, а также других геологических данных, необходимых для выяснения вопроса об устойчивости стенок карьера и о максимальном угле естественного откоса.

При разведке месторождений в новых районах должен быть произведен необходимый минимум геологических исследований, обеспечивающих получение предварительных данных о наличии в районе разведанного месторождения местных строительных материалов и флюсов.

Разведываемое месторождение следует обеспечить точной топографической основой масштаба, отвечающего характеру и величине месторождения, а также характеру его разведки. Масштаб топографической съемки для мелких месторождений обычно принимается 1:1000, для крупных и средних — от 1:2000 до 1:5000. Ближайшие окрестности месторождения заснимаются в более мелком масштабе, от 1:10 000 до 1:50 000.

Все без исключения разведочные выработки (канавы, дудки, шурфы, скважины, устья шахт, штолен, а также аномалия геофизиче-

ских работ) инструментально привязываются к топографическому плану. Для каждой выработки вычисляются координаты в принятой для топоосновы системе. В разведочных материалах должен иметься специальный журнал координат разведочных выработок.

Все подземные горные выработки следует заснять маркшейдерской съемкой. Маркшейдерская основа исчисляется в несколько более крупном масштабе по сравнению с топоосновой поверхности с таким расчетом, чтобы ею можно было воспользоваться для составления последующих разведочно-геологических чертежей: погоризонтных геологических планов, планов опробования, вертикальных поперечных разрезов, продольных вертикальных проекций рудных тел и т. д.

Разведочные материалы включают: 1) сводный план подземных горных выработок; 2) погоризонтные планы горных выработок.

Для буровых скважин необходимо вычислять координаты точек входа и выхода скважин в рудное тело, с учетом данных замеров зенитных и азимутальных искривлений, которые заносятся в особый журнал координат.

### Применение классификации запасов к различным месторождениям

Подход к классификации запасов месторождений цветных, благородных и редких металлов, а также к рекомендациям по оптимальной плотности разведочной сети, необходимой и достаточной для отнесения запасов к той или иной категории, различен для разных типов месторождений. При этом следует особо учитывать, что рекомендации по плотности разведочной сети отражают усредненные результаты передового опыта геологоразведочных работ в нашей стране, но не являются обязательными для каждого случая разведочных работ. Обоснованное отклонение от этих оптимальных данных по размерам разведочной сети, обусловленное конкретными геологическими особенностями разведываемого месторождения, не может служить препятствием для утверждения его запасов по той или иной категории. Кроме того, плотность сети по сравнению с нижеописываемой должна увеличиваться по сопоставлению ее со средними данными по границам рудных залежей, а также вдоль границ отдельных типов руды в их пределах и может уменьшаться при разведке внутренних и более однородных частей рудных тел. Плотность разведочной сети может также уменьшаться для крупных блоков, разведываемых большим количеством пересечений, и увеличиваться для мелких участков, на которых располагается ограниченное количество выработок или скважин. Наконец, при разведках рудных тел, предназначенных для массовой отработки, сеть может быть разрежена, а при разведке залежей, на которых предполагается выборочная отработка по типам и сортам руд, — должна быть уплотнена. Поэтому по всем нижеприводимым данным о плотности разведочной сети в этом и последующих разделах этой части настоящей книги надлежит относиться всего лишь как к сугубо средним величинам. Ниже приводятся сведения о разделении месторождений цветных, благородных и редких металлов по принятой группировке.

Месторождения свинца и цинка. К группе «а» могут быть отнесены крупные свинцово-цинковые месторождения пластообразной формы, залегающие среди известняков, доломитов и других пород, занимающие значительные площади и характеризующиеся выдержанной мощностью рудных тел и равномерным содержанием полезных компонентов, например Миргалымсайское месторождение.

К группе «б» относятся свинцово-цинковые месторождения, представленные крупными линзообразными телами, приуроченными к пласто-

вым структурам в эффузивно-осадочных породах типа Сокольного, Зыряновского, Золотушинского, а также месторождения, представленные мощными и протяженными зонами оруденения в эффузивных и осадочных породах типа Карагайлинского и Текелийского. Руды преимущественно вкрапленные с относительно равномерным содержанием полезных компонентов.

К группе «в» относится большая часть метасоматических месторождений в известняках, представленных обычно не выдержанными по мощности рудными телами сложной формы с неравномерным содержанием свинца и цинка, а также скарновые и протяженные жильные месторождения, например метасоматические месторождения типа Кансая, Дарбазы, скарновые месторождения типа Тетюхе и жильные месторождения типа Садо́на, Эгида.

К группе «г» относятся свинцово-цинковые месторождения, представленные рудными телами исключительно сложной формы и незначительных размеров — мелкие метасоматические рудные тела и гнезда Кансайской группы, наиболее сложные месторождения среди известняков в Нерчинском рудном районе.

Месторождения меди. К группе «а» относятся — пластовые, горизонтальные и слабо наклонные рудные залежи вкрапленных сульфидных руд в сланцево-песчаниковых толщах (тип Джекказгана), характеризующиеся крупными размерами, выдержанной мощностью и равномерным распределением меди. В качестве попутных компонентов в медистых песчаниках могут присутствовать свинец и цинк, распределение которых менее равномерно, чем меди, а также золото, серебро, титан, ванадий, мышьяк, хром, молибден, никель, кобальт и др. Руды обычно образуют залежи, подчиненные напластованию вмещающих пород, и отличаются постепенным переходом богатых в бедные вкрапленные руды.

К группе «б» относятся месторождения прожилково-вкрапленных медных и медно-молибденовых руд в измененных окварцеванием и серицитизацией порфириновых породах (гранит-порфирах, гранодиорит-порфирах и др.), обладающие обычно крупными размерами и относительно равномерным распределением металлов (Коунрад, Агарак, Алмалык и др.). Кроме меди, руды содержат молибден, золото, серебро, кобальт, рений, редко цинк и мышьяк. Для некоторых из этих месторождений характерна вторичная зональность.

Рудные залежи прожилково-вкрапленных месторождений представляют оруденелые участки пород, имеющие в общем овальные контуры, площадь которых в горизонтальном сечении достигает 100 га и более.

В вертикальных сечениях — продольных и поперечных — рудные тела имеют клинообразную форму, связаны между собой участками седлообразной формы и сохраняют в целом условия залегания вмещающих пород. Глубина нижней границы промышленного оруденения достигает 450—600 м, хотя наиболее обогащенная часть, связанная с вторичными процессами, опускается до 270—300 м.

Отмеченные особенности обуславливают разработку большинства порфириновых месторождений открытым способом при сравнительно низких бортовых содержаниях меди, молибдена, золота и других металлов.

К этой же группе могут быть отнесены некоторые медно-железнованадиевые месторождения, представляющие собой оруденелые участки габбровых пород, несущих вкрапленность борнита, халькопирита и ванадийсодержащего титаномагнетита (Волковское месторождение на Урале). Формы рудных залежей и распределение содержащей меди в этих месторождениях более сложные, чем в прожилково-вкрапленных.

К группе «в» относятся линзообразные и пластообразные залежи сульфидных руд типа уральских колчеданных, алтайских полиметаллических и других месторождений, приуроченных к вулканогенным толщам, сложенным чередующимися кислыми и основными эффузивами, тuffsами и осадочными породами. Месторождения этого типа часто состоят из ряда залежей сплошных сульфидных руд, отделенных друг от друга прослоями различной мощности пустых или несущих вкрапленность сульфидов пород.

Вкрапленные промышленные руды нередко распространены шире, чем сплошные, которые в таких случаях представляют лишь отдельные сравнительно небольшие скопления среди первых.

Залежи сплошных и вкрапленных руд имеют различные углы падения, часто располагаются параллельно, иногда кулисообразно, или являются как бы продолжением друг друга в направлении простирания и падения. Длина отдельных залежей по простиранию колеблется в широких пределах, достигая 4—5 км. Обычно длина по простиранию превышает протяженность их по падению. Однако известны примеры и обратных соотношений. Мощность рудных залежей в большинстве случаев колеблется в пределах 3—20 м, достигая 150—200 м.

Руды этих месторождений являются комплексными и, помимо меди и серы, содержат цинк, золото, серебро, нередко свинец и в небольших количествах мышьяк, кобальт, кадмий, селен и другие рассеянные элементы. Распределение содержания металлов относительно равномерное, хотя колебания в содержаниях основных компонентов в различных рудных залежах бывают значительными. Для большинства колчеданных месторождений характерно наличие зон окисления и выщелачивания, представленных соответственно бурыми железняками, кварцево-баритовыми песками и колчеданной сыпучкой, содержащих повышенные количества золота и серебра. Ниже зоны выщелачивания обычно располагается зона вторичного сульфидного обогащения, несущая в верхних частях следы зоны окисного обогащения. Однако значительных промышленных концентраций меди путем вторичного обогащения, за редким исключением, в колчеданных месторождениях не возникает.

К группе «г» относится большинство скарновых медных месторождений, представленных разнообразными, обычно неправильными по форме и некрупными по размерам залежами сплошных и вкрапленных руд, приуроченных к областям контактов кислых или средних интрузивных пород с известняками или известковистыми сланцами (Юлия и др.). Кроме меди, в качестве попутных компонентов присутствуют кобальт, молибден, реже вольфрам. Распределение содержания металлов и особенно меди в руде неравномерное, вследствие чередования вкрапленных с небольшими участками сплошных сульфидных руд. Размеры месторождений средние, в большинстве же случаев мелкие.

К этой же группе относится большинство жильных месторождений типа трещинных заполнений, обычно обладающих ограниченными размерами. Руды жильных месторождений представляют массу кварца, в некоторых случаях кальцита, несущих вкрапленность и гнезда сульфидов меди, железа, цинка и др. Рудные жилы нередко осложнены разветвлениями и смещениями. Часто жилы сопровождаются зонами сближенных тонких прожилков и вкрапленностью во вмещающих породах. Среднее содержание меди часто высокое с колебанием по отдельным участкам и жилам в широких пределах. Для этой группы месторождений характерно развитие четырех зон вторичных изменений, причем зона окисного обогащения может быть представлена значительными запасами ценного поделочного малахита (Медноруднякское, Гумешевское и др. месторождения).

Наиболее крупные месторождения или отдельные жилы и рудные тела скарнового типа могут быть отнесены к предыдущей группе «в».

Месторождения никеля. К группе «а» из класса сульфидных медно-никелевых месторождений должны быть отнесены в первую очередь донные залежи вкрапленных руд, приуроченные к нижним частям лакколитообразных интрузий. Площадь такого рода рудных залежей в зависимости от величины интрузива может быть различной и иногда достигает 5 км<sup>2</sup> и более. Мощность залежей достигает нескольких десятков метров, при вогнутой форме дна интрузий она возрастает от краев к середине рудной залежи. Глубина залегания руд в зависимости от положения формы массива 400—600 м.

На месторождениях этого типа обычно наблюдается вертикальная зональность, выраженная в накоплении оливина и одновременно сульфидов никеля и меди в нижних горизонтах вмещающих пород, соответственно чему повышается и содержание этих металлов.

Наиболее типичными для данной группы сульфидных месторождений являются месторождения вкрапленных руд, приуроченные к дифференцированным габбро-диабазам Норильска, и донные залежи вкрапленных руд Мончегорского района, расположенные в нижних горизонтах пироксенито-перидотитовой интрузии.

К группе «б» относится большинство сульфидных медно-никелевых месторождений, представленных плитообразными и линзообразными наклонными залежами брекчиевых, массивных и вкрапленных руд. Размеры месторождений в зависимости от величины и количества отдельных интрузий могут быть самыми разнообразными — от небольших одиночных рудных тел до весьма крупных, состоящих из серии рудных тел, приуроченных к сближенным интрузиям офиолитового типа. Отдельные рудные залежи имеют длину по простиранию от 100 до 500 м. Крупные месторождения, состоящие из нескольких рудных тел, прослеживаются иногда на 3—4 км. Мощность наклонных залежей разнообразна и обычно составляет 20—30 м. По падению они прослеживаются в большинстве случаев не менее, чем по простиранию.

В распределении сульфидного оруденения наблюдается обычно определенная закономерность, выраженная в развитии вдоль лежачего бока богатых брекчиевых и массивных руд, переходящих в сторону висячего бока в густую и затем более редкую вкрапленность. Наиболее ярко выраженными представителями этой группы являются месторождения Печенгского района.

Из класса силикатных никелевых месторождений к группе «б» должны быть отнесены месторождения, приуроченные к площадной коре выветривания. Размеры рудных залежей разнообразны и достигают по площади 1 км<sup>2</sup> и более. Мощность рудных тел колеблется от 3 до 10 м; в отдельных рудных карманах она достигает 20—25 м. Мощность покрывающих пород (вскрыши) составляет обычно 5—10 м. В строении рудных залежей наблюдается вертикальная зональность, выраженная здесь в закономерной литологической смене пород в соответствии с нонтронитовым профилем коры выветривания и в приуроченности максимума концентрации никеля к нонтронитам и верхам выщелоченных серпентинитов, а кобальта — к охрам и обохренным нонтронитам.

Наиболее характерными для данной группы месторождений являются Батамшинское и другие в Кимперсайском районе и Айдербакское в Халиловском (Южный Урал).

К группе «в» должны быть отнесены никелевые месторождения нескольких генетических типов.

Из класса сульфидных медно-никелевых месторождений к группе «в» относятся крутопадающие жилы простой формы. Размеры такого

рода рудных жил по протяженности и мощности разнообразны. Известны крупные жилы длиной 1—1,5 км со средней мощностью 0,5—0,8 м и глубиной по падению в несколько сот метров. Наряду с ними в рудном поле могут быть и мелкие сульфидные жилы длиной в 100—200 м и мощностью 5—10 см. Иногда жилы не выходят на поверхность и образуют «слепые» рудные тела. Выклинивание рудных жил на глубине и флангах имеет часто сложный характер, поскольку жилы раздваиваются и ветвятся. Крупные жилы нередко сопровождаются апофизами, расположенными под прямым углом к простиранию основной жилы. Содержание никеля, меди и кобальта в сплошных основных жилах высокое. Оно более равномерно в центральных частях жил и менее устойчиво на флангах и на глубине.

К группе «в» должны быть отнесены также шпиры, штоки, линзы и рудные гнезда сплошных и вкрапленных сульфидов, залегающие как внутри основных и ультраосновных интрузий, так и вне их.

Из класса силикатных никелевых месторождений к группе «в» должны быть отнесены месторождения, приуроченные к трещинной коре выветривания и контактово-карстовые.

Характерным представителем месторождений трещинной коры выветривания служит Аккермановское месторождение на Южном Урале. Наиболее характерные контактово-карстовые месторождения известны и разведаны в Уфалейском районе на Среднем Урале. Отдельные месторождения этого типа имеют неправильную пластообразную или гнездовую форму, обычно вытянутую вдоль линии контакта или тектонических зон. Площадь отдельных рудных залежей достигает 0,5 км<sup>2</sup>, а иногда и более. Глубина залегания руд составляет обычно 50—100 м и нередко достигает 200—300 м. В распределении никеля в рудах имеется известная закономерность: наиболее высокая его концентрация наблюдается в непосредственной близости к известнякам.

К группе «г» должны быть отнесены сульфидные жилы сложной ветвящейся формы. Наиболее хорошо изученными месторождениями этого типа являются жилы некоторых месторождений, залегающие на значительной глубине, в основном под рудоносной габбро-диабазовой интрузией, в толще подстилающих ее пород.

Месторождения кобальта. Среди месторождений кобальта нет таких, которые могли бы быть отнесены к группе «а».

К группе «б» относятся некоторые крупные и выдержанные месторождения железных и марганцевых кобальтсодержащих руд. Месторождения железо-кобальтовых руд представлены обычно одной или иногда несколькими неправильными пластообразными залежами, расположенными на поверхности серпентинитовых массивов (Аkkerмановское и др.). Мощность рудных тел колеблется в пределах 5—10 м, местами, в более глубоких карманах, она достигает 30—50 м. Мощность перекрывающих пород обычно составляет 3—6 м. В строении рудных залежей наблюдается некоторая вертикальная зональность, выражающаяся в развитии более богатой порошковой разности руды в верхних, а также смешанных и кремнистых руд — в нижних горизонтах. Нередко отдельные залежи имеют линейно-вытянутую форму, будучи приурочены к крупным трещинным зонам. Месторождения кобальто-марганцевых руд отличаются меньшей мощностью рудной залежи (0,3—1 м), но по площади занимают иногда крупные участки.

К группе «в» относятся сульфидные кобальто-медные рудные зоны и жилы, сульфоарсенидные комплексные кобальто-никелевые жилы, а также наиболее крупные жилы собственно кобальтовых мышьяковистых руд (Хавуахсы и др.).

Сульфидные кобальто-медные зоны или жилы представляют, как правило, крупные рудные тела, к тому же они обычно залегают сериями

сближенных жил, образуя в целом большие рудные поля, которые и служат объектом разведки и последующей отработки. При общей выдержанности элементов залегания всей серии рудных зон, отдельные зоны нередко обнаруживают неустойчивость угла падения, изменчивость мощности (от 1 до 5 м) и весьма сильную неравномерность распределения в руде кобальта и меди. В рудных зонах оруденелые участки или рудные тела перемежаются с безрудными участками без видимой закономерности.

Сульфоарсенидные жилы кобальто-никелевых руд характеризуются относительно крупными размерами и выдержанностью по простиранию жильных полей. Однако отдельные жилы ведут себя часто как весьма неустойчивые тела. Мощность жил колеблется также в широких пределах.

В рудных жилах этого типа нередко наблюдаются переходы одного вида руд в другой, например появление весьма богатых кобальтом разновидностей среди рядовых руд. Объемные веса руд в зависимости от содержания кобальта и количества в них рудных минералов также колеблются в достаточно широких пределах. Такая изменчивость формы рудных тел и многокомпонентность руд в ряде случаев требуют отнесения месторождений данного типа к следующей группе «г».

Крупные жилы собственно кобальтовых мышьяковистых руд характеризуются относительной устойчивостью формы. Оруденение, однако, в них неравномерное и характеризуется как «столбовое» или «струйчатое» с тем или другим склонением в плоскости разлома или трещины. К группе «г» относится значительная часть мелких собственно кобальто-мышьяковых месторождений и кобальтсодержащие магнетитовые скарны.

Мелкие жилы собственно кобальтовых мышьяковистых руд имеют размеры до 100 м по простиранию, отличаются неустойчивой мощностью, наличием раздувов, пережимов, внезапным исчезновением оруденения. На оруденелых участках колебания в содержании кобальта весьма значительные — от 0,03 до 2—3%.

Кобальтсодержащие магнетитовые скарны представлены линзами богатых руд, залегающими часто без видимой закономерности в надрудной скарновой толще. Размеры таких линз могут быть самыми различными, но обычно не более 30—50 м. Разнообразна также форма рудных тел. Сплошные руды могут переходить в прожилки и вкрапленность, содержание кобальта колеблется в широких пределах. Наблюдаемые местами зоны вкрапленников в скарнах также характеризуются изменчивостью и непостоянством формы рудных тел и содержания кобальта в руде.

Коренные месторождения золота. Рудные тела известных в настоящее время и достаточно изученных коренных месторождений золота относятся к группам «б», «в» и «г». Представителей группы «а» среди них не выделяется. Не исключена возможность, что в последующем к группе «а» могут быть отнесены рудные тела некоторых пока недостаточно изученных месторождений золото-баритового, золото-полиметаллического и золото-баритово-полиметаллического типов, а также значительные по протяжению и мощности зоны оруденелых пород, крупные рудные тела штокверкового типа и выдающиеся по своим размерам железные шляпы колчеданных залежей.

Схема разделения наиболее распространенных на месторождениях золота морфологических типов рудных тел по группам приведена в табл. 68.

К группе «б» относятся рудные тела, обладающие большими размерами в ряду рудных тел данного морфологического типа, характеризую-

Таблица 68

**Группировка рудных тел коренных месторождений золота**  
(по П. Л. Каллистову)

Типы рудных тел	Группировка рудных тел по общей классификации месторождений цветных и редких металлов		
	Группа .б* Рудные тела большой протяженности, относительно правильной формы, со сравнительно выдержанным оруденением	Группа .в* Рудные тела средней и малой протяженности, часто неправильные по форме, с невыдержанным оруденением	Группа .г* Рудные тела малых и очень малых размеров, часто с весьма невыдержанным оруденением

**Рудные тела горизонтального или близкого к нему залегания**

1. Железные шляпы колчеданных месторождений	Относительно крупные шляпы очень больших колчеданных залежей с выдержанными промышленными концентратами золота	Железные шляпы небольших залежей	Железные шляпы очень малых размеров
2. Горизонтальные или слабо наклонные жилы и залежи	Сравнительно выдержанные по мощности жилы и залежи, большой протяженности (более 300—500 м) с относительно равномерным оруденением	Небольшие сравнительно правильной формы залежи и залежи большого протяжения, но невыдержанной формы	Сложные, не выдержанные по форме и мощности мелкие залежи

**Наклонные (пологопадающие и крутопадающие) и вертикальные рудные тела малой и средней (до 2—3 м) мощности**

3. Наклонные и вертикальные жилы	Жилы сравнительно выдержанной мощности и большой протяженности (более 500—600 м) с относительно равномерным оруденением	Жилы средней протяженности (от 100 до 400 м); жилы большой протяженности, но весьма не выдержанные по мощности и содержанию золота	Жилы малой протяженности (менее 100 м) и средние по размерам рудные тела, характеризующиеся пережимами и крайне непостоянной концентрацией металла
----------------------------------	---	--	--

**Наклонные и вертикальные рудные тела большой (более 2—3 м) мощности**

4. Жильные зоны	Жильные зоны большой протяженности (более 400—500 м) и большой мощности (более 10—20 м)	Жильные зоны небольшой протяженности (до 200—300 м) сравнительно небольшой мощности	—
5. Штокверки А. Простирание жил согласно с простиранием штокверка	Крупные штокверки протяженностью более 200 м мощностью несколько десятков метров с равномерным содержанием золота	Небольшие штокверки сравнительно правильных очертаний с выдержанным оруденением и крупные штокверки с сложными контурами промышленных руд	—

Типы рудных тел	Группировка рудных тел по общей классификации месторождений цветных и редких металлов		
	Группа „б“ Рудные тела большой протяженности, относительно правильной формы, со сравнительно выдержанным оруденением	Группа „в“ Рудные тела средней и малой протяженности, часто неправильные по форме, с невыдержанным оруденением	Группа „г“ Рудные тела малых и очень малых размеров, часто с весьма невыдержанным оруденением
Б. Простирающиеся жилы секущее по отношению к простиранию штокверка	Штокверковое оруденение мощных (более 6—8 м) даек весьма большой протяженности, представленное системой тонких секущих жил и прожилков, с равномерным содержанием золота в массе	Штокверковое оруденение того же типа и масштаба, но с небольшими участками промышленного оруденения, чередующимися с непромышленными участками	—
6. Зоны вкрапленных руд	Мощные зоны вкрапленного оруденения, сопровождающие залежи сульфидных руд, и самостоятельные зоны рассланцованных оруденелых пород	Небольшие зоны оруденелых пород и вкрапленных руд часто сложной формы	—
7. Линзообразные залежи	Крупные залежи (протяженностью более 150—200 м) с равномерным содержанием золота	Небольшие линзы, образующие вытянутые тела сложной формы и непостоянной мощности	Мелкие линзообразные и штокообразные рудные тела

Наклонные и вертикальные рудные тела неправильной формы

8. Рудные тела трубчатой, гнездообразной и других неправильных форм	Трубообразные рудные тела сравнительно правильной очертаний, большого протяжения по падению (более 150—200 м), значительных размеров в поперечном сечении (более 100 м)	Трубчатые рудные тела размером более 40—60 м в поперечном сечении, значительного протяжения по падению (более 100—150 м)	Очень малые трубчатые рудные тела, отдельные гнезда
---	---	--	---

Примечание. Среди рудных тел группы «г», имеющих промышленное значение, жильные зоны, штокверки и зоны вкрапленных руд неизвестны; ввиду малых размеров рудных тел этой группы и низкого содержания золота в жильных зонах, штокверках и зонах вкрапленных руд разработка их, как правило, нерентабельна.

шися слабым развитием тектонических нарушений, а также выдержанностью участков промышленного оруденения на значительных протяжениях. Наличие раздувов и пережимов, сильных подъемов и понижений общего уровня содержания золота, выдерживающихся на протяжении нескольких горизонтов, а также высокая изменчивость содержания золота не препятствуют отнесению рудных тел к группе «б».

Однако частая перемежаемость в рудном теле участков промышленного и непромышленного оруденения может не позволить отнести месторождений к рассматриваемой группе, несмотря на благоприятные остальные признаки.

К группе «в» относятся рудные тела средних и малых для данного морфологического типа размеров, характеризующиеся в остальном теми же показателями, что и тела группы «б». К этой же группе относятся рудные тела крупных размеров в случае, когда отнесению их к группе «б» препятствует сильная тектоническая нарушенность, сопровождающаяся значительными перемещениями сброшенных частей, а также сложные, неправильные границы рудных тел с вмещающими породами, невыдержанность оруденения, выражающаяся частой перемежаемостью раздувов и пережимов или мелких участков с богатым и непромышленным содержанием золота. Иногда целесообразность разработки месторождений, представленных рудными телами группы «в», определяется лишь наличием обогащенных участков в виде небольших разобщенных островков среди более бедного оруденения.

К группе «г» относятся рудные тела малого и очень малого размера, главным образом жильной, линзообразной и шпирообразной формы. Разведка и разработка таких рудных тел может быть целесообразной только при высоких содержаниях металла в руде. Месторождения, представленные рудными телами группы «г», чаще всего являются объектами золотодобычи мелкого масштаба. К группе «г» относятся также месторождения, соответствующие по своим размерам группе «в», но характеризующиеся крайним непостоянством оруденения, формы рудных тел или содержания полезного компонента.

Месторождения олова. Оловорудных месторождений по своим размерам, морфологии и равномерности распределения олова, относящихся к группе «а», неизвестно.

К группе «б» относятся наиболее выдержанные месторождения касситеритово-сульфидной формации, например Эгехайское в Янском районе, крупные штокверки типа Шерловой горы, некоторые зоны Сталинского месторождения.

К группе «в» относятся многие месторождения касситеритово-сульфидной формации как жильные (Хапчеранга, Лифудзинское, Алыская и др.), так и штокверки (Ингодинское и некоторые др.). К этой же группе могут быть отнесены некоторые месторождения касситеритово-кварцевой формации.

К группе «г» относится большинство месторождений касситеритово-кварцевой и пегматитовой формаций (Ононское, Этыкинское, Ленинское, штокверк Увальный, Днепровское, пегматиты Туркестанского хребта, Бельского месторождения и др.), а также сульфидные скарны типа Тафонского месторождения.

Месторождения вольфрама. К группе «а» могут быть отнесены крупные вольфрамовые месторождения штокверкового типа, представленные хорошо выдержанными рудными телами большой протяженности и мощности с высокой рудонасыщенностью и равномерным содержанием вольфрама.

К группе «б» могут быть отнесены крупные вольфрамовые, молибденово-вольфрамовые и оловянно-вольфрамовые месторождения штокверкового и скарнового типа, представленные значительными телами

большой протяженности и мощности с относительно равномерным содержанием вольфрама, молибдена и олова, осложненные наличием безрудных прослоек типа Джидинского (штокверка), Дженичкинского, Тырны-Аузского, Тарбальджейского месторождений.

К группе «в» может быть отнесено большинство жильных и скарновых вольфрамовых, молибденово-вольфрамовых и оловянно-вольфрамовых месторождений типа Холтосонского, Букукинского, Койташского, Майхуринского, Акчатауского, Караобинского, характеризующихся изменчивой мощностью и неравномерным содержанием полезных компонентов, а также вольфрамово-медно-молибденовые месторождения типа Глафиринского, приуроченные к трещинным структурам контакта гранитоидов с осадочными породами кровли.

К группе «г» могут быть отнесены мелкие жильные вольфрамовые, молибденово-вольфрамовые и оловянно-вольфрамовые месторождения типа Верхне-Слюдянского, Боглюнского, скарновые вольфрамовые месторождения типа Лянгарского, Мелик-Су и некоторые другие.

Месторождения молибдена. Месторождений молибдена, соответствующих группе «а», не известно.

К группе «б» могут быть отнесены крупные медно-молибденовые, молибденовые и вольфрамово-молибденовые месторождения штокверкового и скарнового типа, представленные значительными линзообразными телами большой протяженности и мощности с относительно равномерным содержанием молибдена, меди и вольфрама, осложненные наличием безрудных прослоек (месторождения Каджаранское и др.).

К группе «в» может быть отнесено большинство жильных молибденовых и вольфрамово-молибденовых месторождений типа Восточно-Коунрадского, Шахтаминского, Сырыгичинского, Акчатауского, характеризующихся изменчивой мощностью и неравномерным содержанием полезных компонентов, а также медно-молибденовые месторождения типа Глафиринского, приуроченные к трещинным структурам контакта интрузивных пород с осадочными породами кровли.

К группе «г» могут быть отнесены мелкие жильные вольфрамово-молибденовые месторождения типа Боглюнского, скарновые вольфрамово-молибденовые месторождения типа Лянгарского и некоторые другие.

Месторождения ртути и сурьмы. Среди ртутных и сурьмяных месторождений нельзя выделить месторождений, представленных крупными рудными телами простой формы с равномерным распределением металла, относящихся к типу «а». Нельзя выделить и месторождений, представленных рудными телами значительной мощности и протяженности с относительно равномерным распределением металла, относящихся к типу «б».

Ртутные и сурьмяные месторождения относятся к более сложным образованиям, среди которых в соответствии с принятой группировкой месторождений могут быть выделены две главные группы, отвечающие типам «в» и «г» общего подразделения.

Группа «в» включает два типа месторождений:

1) пластообразные залежи с высоким площадным коэффициентом рудоносности, достигающим величины 0,6 и более, к ним принадлежат пластообразные залежи убогих ртутных руд в песчаниках Никитовки, в горизонтах окварцованных брекчий Хайдаркана, пластообразные зажели сурьмяных руд Кадамжая, пластообразные залежи ртутно-сурьмяных руд Джижикрута и т. п.;

2) крупные жилы также с высоким площадным коэффициентом рудоносности, достигающим величины 0,6 и более; к ним относятся ведущие жилы или так называемые пластовые залежи ртутных руд Никитовки, жилообразные залежи сурьмяных руд Раздольного, Тургая и т. п.

Группа «г» включает следующие типы месторождений:

1) пластообразные залежи и крупные жилы с площадным коэффициентом рудоносности менее 0,6; таковыми являются сурьмяные месторождения Магнана, Маргузора, Абшира и т. п.;

2) пластообразные залежи, сильно расчлененные частыми сбросами; примером их может служить Кассанское месторождение сурьмы;

3) короткие жилы, к которым принадлежат некоторые поперечные и диагональные ртутные жилы Никитовки, жилы и линейно-вытянутые зоны вкрапленных ртутных руд Охны, Котурбулака, жильные тела Соловьевского сурьмяного месторождения и др.;

4) гнезда и другие небольшие залежи неправильной формы, к которым относятся многочисленные месторождения Ойротии, Тувы, Средней Азии, Карпат и других областей нашей страны; к ним же относятся гнездообразные скопления богатых руд в пластовых залежах рядовых руд группы «в», если они разведываются самостоятельно.

Месторождения мышьяка. Собственно мышьяковые месторождения относятся в преобладающей своей части к месторождениям групп «в» и «г».

К группе «в» относятся значительной протяженности и выдержанные по мощности и содержанию жилы Запокровского, Гурулевского, Ново-Троицкого и других арсенопиритовых месторождений, а также штокверковые и линзообразные тела Лухумского реальгаро-аурипигментового месторождения.

К группе «г» относятся мелкие гнездообразные и жильные тела арсенопиритовых и реальгарово-аурипигментовых месторождений, быстро выклинивающиеся как по простиранию, так и по падению.

Месторождения тантала, ниобия, циркония, гафния, бериллия, лития, цезия, рубидия, скандия и редких земель. Среди указанных месторождений редких металлов почти нет таких, которые могли бы быть включены в группу «а». Главным препятствием этому является неравномерное распределение оруденения в рудных телах и слабая изученность месторождений редких металлов.

Ближе всего к этой группе подходят отдельные протомогматические (например, лопаритовые и эвдиалитовые) месторождения, приуроченные к стратифицированным массивам нефелиновых сиенитов. Ниобиево-редкоземельно-титановый минерал лопарит и цирконовый эвдиалит в отдельных горизонтах этих месторождений играют роль породообразующих минералов и достаточно равномерно распределены в породах.

Из осадочных можно назвать месторождения калийных солей, являющиеся источником для полутного извлечения лития, рубидия и цезия. Так как рубидий, литий и цезий учитываются в этих месторождениях только как попутные компоненты, методика разведки их в основном определяется требованиями к разведке калийных солей.

Группа «б» включает месторождения с менее выдержанными по мощности рудными телами с недостаточным равномерным распределением полезных компонентов (часто характеризуется коэффициентом рудоносности не ниже 0,6).

Из протомогматических в эту группу могут быть включены участки лопаритовых месторождений в нефелиновых сиенитах, осложненные тектоникой, и цирконовые остаточные месторождения в массивах нефелиновых сиенитов. Оруденение в последних имеет широкое площадное (реже линейное) развитие, однако промышленная часть месторождения преимущественно ограничивается зоной развития коры выветривания, имеющей сложную конфигурацию.

Вероятно, к этой же группе могут быть отнесены: месторождения бадделента и циркона в якупирангитах; месторождения ниобийсодержа-

ших титановых руд в массивах основных пород, сопровождающихся щелочными пегматитами; наиболее крупные плитообразные пегматитовые жилы со сподуменом, выдержанные по простиранию кварцево-полевошпатовые, кварцево-флюоритовые жилы с бериллиевыми минералами.

Группа «в», включающая месторождения со сложными по форме рудными телами, с невыдержанной мощностью и неравномерным содержанием полезных компонентов, охватывает наибольшее количество месторождений редких металлов (обычно коэффициент рудоносности не ниже 0,3). К этой группе относятся жилы блоковых и замещенных пегматитов с танталом, ниобием, бериллием, минерализованные зоны с пирохлором и цирконом в сиенитах, крупные зоны кварцево-топазовых и слюдяно-кварцевых грейзенов с бериллом; большинство гранитных и щелочных пегматитов линзообразной формы и протяженностью в сотни метров при мощности, измеряемой метрами и десятками метров.

Пегматиты характеризуются, как правило, неравномерным гнездовым распределением полезных компонентов (тантала, ниобия, бериллия, лития, цезия), тяготеющих часто к блокам кварца, к зонам замещения и грейзенизации. К этой группе также могут быть отнесены многие пневматолитово-гидротермальные месторождения, представленные грейзеновыми зонами, полевошпатово-кварцевыми, кварцево-слюдистыми линзами и рудные тела в скарнах.

Группа «г» характеризуется месторождениями исключительно сложной формы с крайне неравномерным оруденением (коэффициент рудоносности обычно менее 0,3). Сюда входит большое количество штокообразных и трубообразных тел, линз, четковидных залежей, сложных жильных свит и тел неправильной формы, широко развитых среди пегматитовых, пневматолитово-гидротермальных и контактово-метасоматических месторождений с тантало-ниобиевыми, бериллиевыми и литиевыми минералами.

#### Плотность разведочной сети для разных групп месторождений и категорий запасов

Четких границ между выделенными группами месторождений нет, и вряд ли они могут быть намечены. Сочетание различных геологических факторов приводит к многообразию месторождений и позволяет составить непрерывный ряд от наиболее простых месторождений к наиболее сложным с постепенным переходом от группы «а» до группы «г».

Поэтому отнесение того или иного месторождения к одной из выделенных групп является условным, особенно когда месторождение находится на грани двух групп. По мере разведки месторождения повышается степень его изученности, возможно изменение представления о нем, что, в свою очередь, может служить основанием для перевода данного месторождения из одной группы в другую. Кроме того, различные участки одного и того же месторождения по сложности своего строения могут относиться к различным группам.

Такое положение указывает на то, что и разведочная сеть не может быть однозначной и строго ограниченной для той или иной группы месторождений, должна изменяться от одной группы к другой постепенно, а не скачкообразно.

Исходя из указанного принципа и действующих инструкций ГКЗ для коренных месторождений цветных, благородных и редких металлов

При разведке их бурением, для выявления различных категорий запасов наиболее часто применяется следующая квадратная сеть (м):

	категория А <sub>2</sub>	категория В	категория С <sub>1</sub>
месторождения группы «а»	50—75	75—150	150 и более
• • • «б»	25—50	50—75	75 и более
• • • «в»	—	25—50	50 и более
• • • «г»	—	—	50 и менее

При квалификации запасов следует иметь в виду, что к запасам категории А<sub>2</sub> как правило относятся только запасы внутри контура разведочных выработок. К категории В для месторождений группы «а» и частично «б» могут быть отнесены запасы как в пределах разведочных выработок, так и запасы участков интерполированных и экстраполированных за пределы выработок. К категории С<sub>1</sub> для всех месторождений, кроме группы «г», могут быть отнесены запасы участков непосредственно примыкающих к детально разведанным участкам, на которых запасы квалифицированы по более высоким категориям (А и В), т. е. на участках интерполированных и экстраполированных, если это не противоречит геологическим данным. Кроме того, к категории С<sub>1</sub> могут быть отнесены запасы участков вскрытых единичными скважинами, на которых возможность наличия промышленных руд подтверждается геофизическими или другими данными.

В тех случаях, когда по условиям залегания, характеру распределения полезных компонентов в рудном теле или по другим каким-либо причинам при разведке применяется не квадратная, а прямоугольная, ромбическая или другая сеть, то расстояния между выработками могут быть изменены по разным направлениям разведки. В этих случаях указанную плотность разведочной сети можно пересчитать по площади, приходящейся на одну скважину (тыс. м<sup>2</sup>):

	категория А <sub>2</sub>	категория В	категория С <sub>1</sub>
месторождения группы «а»	2,5—5,5	5,5—22,5	22,5 и более
• • • «б»	0,5—2,5	2,5—5,5	5,5 и более
• • • «в»	—	0,5—2,5	2,5 и более
• • • «г»	—	—	менее 2,5

При разведке месторождений горными выработками, пересекающими рудные тела по мощности (шурфы, дудки и др.), плотность разведочной сети должна быть аналогична плотности сети буровых скважин, так как практически в том и в другом случае изучение рудного тела, определение его мощности и опробование руды возможно только в одном сечении.

При разведке рудных тел горные выработки, прослеживающие эти тела в том или ином направлении, проводятся с учетом возможности использования их при отработке месторождений. Их расположение увязывается с намеченной или возможной системой отработки и с размерами эксплуатационных блоков. Чаще для простых и крупных месторождений группы «а» размеры эксплуатационных блоков составляют 80—60 м как по простиранию рудного тела, так и по падению; для месторождений группы «б» — 60—50 м; для месторождений группы «в» — 50—40 м, а для мелких месторождений и сложных по распределению полезных компонентов группы «г» размеры блоков сокращаются до 40—20 м.

Исходя из приведенных данных, при разведке месторождений горными выработками, вскрывающими рудные тела по падению и простиранию, наиболее часто пользуются следующей сетью:

	категория А <sub>2</sub>	категория В	категория С <sub>1</sub>
для месторождений групп „а“ и „б“	соответственно высота и длина эксплуатационного блока 80 — 50 м	соответственно двойная высота и двойная и более длина эксплуатационного блока	—
для месторождений группы „в“	то же 50 — 40 м	соответственно высота и двойная и более длина эксплуатационного блока	—
для месторождений группы „г“	—	соответственно высота и длина эксплуатационного блока 40 — 20 м	соответственно двойная высота и двойная длина эксплуатационного блока

В тех случаях, когда разведочные горные выработки не вскрывают полной мощности рудных тел, обычно проходят квершлагги, орты или пологие скважины. Расстояния между рассечками или скважинами, вскрывающими полную мощность рудных тел, для различных групп месторождений обычно составляют (м):

для месторождений группы „а“	40—60
„б“	30—20
„в“	20—10
„г“	10—5

Проходка рассечек или подземных скважин на указанных расстояниях позволяет подсчитывать запасы в месторождениях групп «а» и «б» по категории А<sub>2</sub>, в месторождениях группы «в» по категории В, в месторождениях группы «г» по категории С<sub>1</sub> и в отдельных случаях В. При проходке этих выработок на больших расстояниях друг от друга категория запасов снижается. Однако следует отметить, что такие выработки и скважины, с помощью которых только и возможно определить контуры рудных тел на разведочном горизонте, целесообразно сразу проходить на оптимальных расстояниях, принятых для разведываемого месторождения.

Механическое использование разведочных сетей без их анализа и согласования с конкретными геологическими условиями того или иного месторождения может привести как к переразведке месторождений с излишней затратой средств, так и к недоразведке его, не позволяющей оценить запасы даже наиболее разведанной части месторождения по высоким категориям.

Во избежание этих ошибок следует постоянно контролировать разведочную сеть и использовать все возможности для выбора ее рациональных размеров.

При разведке бурением глубоких горизонтов и при наличии вскрытых горными выработками верхних горизонтов, подтверждающих надежность данных бурения, возможна проверка нижних горизонтов не по установленной, а по более редкой сети — через один-два горизонта, через один-два профиля и т. д.

## Условия классификации запасов коренных месторождений цветных, благородных и редких металлов

Запасы коренных месторождений цветных и редких металлов в соответствии с классификацией твердых полезных ископаемых по степени изученности и разведанности подразделяются на пять категорий: А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

К категории А<sub>1</sub> могут быть отнесены запасы участков и блоков месторождений всех групп на действующих рудниках, где эти участки и блоки подготовлены к выемке. При разведке новых месторождений групп «б», «в» и «г» из-за сложности строения рудных тел, неравномерности распределения в них металлов и прерывистости оруденения запасы категории А<sub>1</sub>, как правило, не выявляются.

Для отнесения запасов к категории А<sub>1</sub> обязательно соблюдение всех условий, перечисленных ниже для запасов категории А<sub>2</sub>.

Запасы категории А<sub>1</sub> обычно составляют незначительную долю от общих запасов месторождения (1—3%) и принимаются по данным маркшейдерского учета.

К категории А<sub>2</sub> запасы относятся при соблюдении следующих условий, кроме выполнения общих требований, изложенных выше:

а) месторождение или часть его разведано горными выработками или буровыми скважинами по сети с плотностью, отвечающей данной категории;

б) запасы подсчитаны в контурах горных выработок и скважин, пересекающих полную мощность рудных тел;

в) контроль буровых работ горными выработками для месторождений групп «б» и «в» показал удовлетворительные результаты;

г) форма, условия залегания и строение рудных тел, положение и количество в них безрудных и некондиционных прослоев (включений) изучены достаточно полно;

д) качество и вещественный состав руд изучены с детальностью, обеспечивающей выделение и подсчет запасов отдельных сортов и разновидностей руд в блоках;

е) способы обогащения и технология переработки изучены полно по типам и сортам руды, проверены на типичных и средних пробах в промышленном, а для менее сложных руд в полупромышленном масштабе; разработана схема обогащения и выяснены показатели основных технологических процессов извлечения главных и сопутствующих компонентов с точным определением качества и выхода продукта;

ж) гидрогеологические и горнотехнические условия отработки месторождения изучены детально.

К категории В запасы относятся при соблюдении следующих условий, кроме выполнения общих требований, изложенных выше:

а) месторождение или часть его разведано горными выработками или буровыми скважинами по сети с плотностью, отвечающей данной категории;

б) запасы подсчитаны в контуре горных выработок и скважин, пересекающих полную мощность рудных тел; для месторождений группы «а» при благоприятных геологических условиях допускается экстраполяция за пределы разведочных выработок на расстояние, равное половине расстояния между разведочными пересечениями, принятыми для этой категории;

в) условия залегания, форма и строение рудных тел выяснены и изучены достаточно полно;

г) качество и вещественный состав руд изучены с детальностью, обеспечивающей валовой подсчет запасов и выявление характера распределения типов и сортов руд;

д) способы обогащения и технология переработки руд изучены на средних пробах по основным типам и сортам руд в лабораторном масштабе; доказана возможность обогащения руды или непосредственного извлечения из нее металлов металлургическим путем; качество и технологические свойства руды изучены в мере, обеспечивающей выбор схемы обогащения и переработки руды в целом, выяснены главные показатели извлечения основных полезных компонентов;

е) горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения выяснены достаточно полно для предварительного заключения о возможных притоках воды в горные выработки и для решения вопроса о водоснабжении предприятия.

**Примечание.** Для месторождений групп «б» и «в», запасы которых обычно не разведуются по категории  $A_2$ , а разработка проектов и выделение капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий допускается на основании балансовых запасов категорий  $B + C_1$ , условия разработки, качество и технология переработки полезного ископаемого должны быть изучены с детальностью, отвечающей категории  $A_2$ .

К категории  $C_1$  запасы относятся при соблюдении следующих условий, кроме выполнения общих требований, изложенных выше:

а) месторождение или часть его разведано горными выработками или скважинами по сети с плотностью, отвечающей этой категории;

б) запасы подсчитаны в контуре горных выработок и скважин, вскрывающих рудное тело; для месторождений групп «а» и «б», а в некоторых случаях и групп «в» при благоприятных геологических условиях к категории  $C_1$  возможно отнесение запасов в блоках, примыкающих к запасам категорий  $A$  и  $B$ , оконтуренных путем экстраполяции за пределы разведочных выработок на расстояния, равные половине расстояний между выработками, допустимые для категории  $C_1$ ;

в) тип месторождения, формы и условия залегания рудных тел определены в общих чертах в пределах имеющихся разведочных данных;

г) качество и технологические свойства руд определены предварительно на основании штучных, керновых и других проб, а также по данным лабораторных испытаний или по аналогии с изученными месторождениями того же типа;

д) горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения выяснены предварительно.

**Примечание.** Для месторождений группы «г», запасы которых не разведуются до более высоких категорий, а разработка технических проектов и выделение капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий по этим месторождениям допустимы на основании балансовых запасов категории  $C_1$ , условия разработки месторождения, качество и технология переработки полезного ископаемого должны быть изучены с детальностью, отвечающей категории  $A_2$ .

К категории  $C_2$  запасы относятся при соблюдении следующих условий:

а) месторождение разведано скважинами или горными выработками при расстояниях между ними, превышающих нормы, принятые для категории  $C_1$ ;

б) запасы в блоках, примыкающих к запасам более высоких категорий, оконтуренных путем экстраполяции за пределы разведочных выработок на расстояние, равное удвоенной допустимой величине экстраполяции для категории  $C_1$ , при наличии благоприятных геологических условий;

в) запасы в пределах контура, прилегающего к выходу рудных тел, разведанных с поверхности, проведенного на основании отдельных пересечений горными выработками или буровыми скважинами, определяющими структуру месторождения.

Подсчет запасов в пределах контура категории  $C_2$  производится на основании изучения структуры месторождения геологическими и геофизическими методами, а также на основании данных о мощности рудных тел, содержании металлов в руде и коэффициенте рудовосности, установленных в разведанной части месторождения, с изменением их в случае, если можно доказать закономерное увеличение или уменьшение этих параметров;

г) качество руд может быть определено на основании изучения отдельных штучных, керновых или бороздовых проб и по аналогии с изученными месторождениями того же типа.

**Примеры применения классификации запасов к различным группам месторождений цветных, благородных и редких металлов**

### Г р у п п а «а»

Примером подсчета запасов месторождения, относящегося к группе «а», может служить подсчет запасов одного из участков месторождения меди.

Геологическое строение месторождения характеризуется развятием почти горизонтально залегающих осадочных пород. Рудовмещающая серия представляет собой комплекс песчано-глинистых пород, ниже которых залегают тонкозернистые песчаники с прослойками темно-серых известняков.

Оруденение представлено замещением рудными минералами цемента и зерен аркозовых песчаников, заполнением рудными минералами первичных пор и пустот среди них и реже — заполнением открытых трещин. Рудными минералами первичной зоны являются пирит, халькопирит, борнит и халькозин при подчиненном участии галенита, сфалерита, гематита и блёклых руд. К минералам, типичным для зоны окисления, относятся малахит, азурит, хризоколла и брошантит. Для зоны вторичного сульфидного обогащения типичным минералом является халькозин.

Месторождение состоит из ряда рудных тел, преобладающей формой которых являются пологопадающие пластовые залежи. Площадь промышленного оруденения отдельных залежей достигает 2 км<sup>2</sup>. Глубина залегания их изменяется от 0 до 300 м. Мощность колеблется от 1 до 20 м и в отдельных случаях увеличивается до 40 м.

Разведка месторождения велась в основном колонковым бурением по ромбической и частично по квадратной сеткам с расстоянием между скважинами от 40 до 120 м в зависимости от выдержанности пласта. Направление скважин вертикальное. Измерение искривлений скважин показало незначительные отклонения угла до 3°. Выход керна в среднем составил 85%.

Для наглядности на рис. 262 приведены данные по одной из залежей месторождения. Оруденение здесь приурочено к двум сближенным пластам серых аркозовых песчаников и представлено почти исключительно первичными сульфидными рудами. Залежь по форме приближается к пластообразной с неправильными очертаниями контуров в плане. В юго-восточном направлении залежь продолжается за пределы приведенной схемы. Простираение ее северо-западное 320—330°, падение на юго-запад под углом 3—5°. Разведанная площадь превышает 400 тыс. м<sup>2</sup>. Промышленная мощность изменяется от 0,7 до 18 м.

Разведка залежи произведена колонковым бурением по ромбической сетке с расстоянием между скважинами примерно  $80 \times 120$  м. Всего пройдено свыше 100 скважин. Подсчет запасов произведен методом геологических блоков. На соседних аналогичных залежах результаты буровых работ были проверены и подтверждены горными выработками. Это позволило в пределах внутреннего контура центральной части залежи, где сплошность оруденения не вызывает сомнений, квалифицировать запасы по высоким категориям. При оконтуривании центральная часть залежи была разбита на два подсчетных блока: I—A<sub>2</sub> и II—B. В пределах блока I—A<sub>2</sub> залежь представлена мономинеральными медными рудами и только три скважины зафиксировали наличие полиметаллического оруденения. По этому блоку подсчитаны запасы основного компонента по категории A<sub>2</sub>. Полиметаллическое оруденение для этой части залежи не характерно, и запасы попутных компонентов не подсчитывались.

В пределах блока II—B более половины скважин показали наличие полиметаллического оруденения, которое в основном приурочено к верхней части рудного горизонта. Однако отдельно и надежно оконтурить в пространстве полиметаллические руды не представляется возможным. В то же время проводить специальные дополнительные разведочные работы и сгущать разведочную сеть с целью уточнения контуров полиметаллических руд нецелесообразно, так как отработка их должна производиться одновременно с основными рудами. Поскольку количество общих запасов не вызывает сомнения, но различные типы руды в пространстве не оконтурены, запасы блока II—B отнесены к категории B; при этом общие запасы разбиты на запасы мономинеральных медных и запасы полиметаллических руд. Для определения относительного количества полиметаллических руд использован статистический прием, основанный на соотношении пересеченных скважинами мощностей; полученные данные позволяют предполагать, что полиметаллические руды составляют на данном участке 30%.

В северо-западной части залежи, где контур рудного тела крайне неровный и где в пределах залежи выделяются безрудные участки, запасы квалифицированы по категории B (блок III—B). К той же категории отнесены запасы, расположенные к северо-востоку от блока I—A<sub>2</sub>, в пределах контура, построенного одним из способов экстраполяции между рудными и безрудными скважинами.

К категории C<sub>1</sub> отнесены запасы блока IV—C<sub>1</sub>, опирающегося только на две скважины, удаленные от основной залежи. Кроме того, к категории C<sub>1</sub> отнесены запасы блока V—C<sub>1</sub> в пределах экстраполированного контура, оруденение в котором подтверждено несколькими

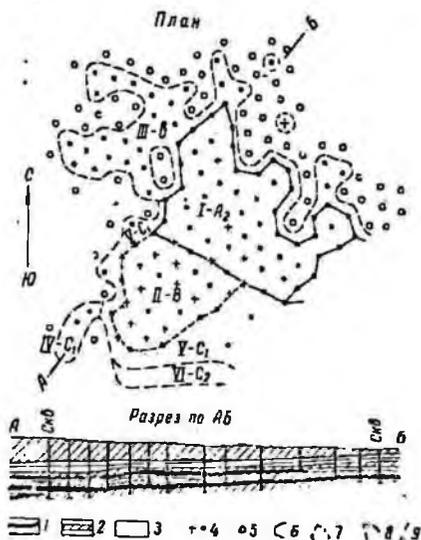


Рис. 262. Схема оконтуривания и подсчета запасов по части рудной залежи медного месторождения  
 1 — рудные залежи; 2 — безрудные красные песчаники и красные сланцы; 3 — безрудные серые песчаники; 4 — рудные скважины на плане; точками показаны скважины, вскрывшие мономинеральную медную руду, крестиками — вскрывшие полиметаллическую руду; 5 — безрудные скважины; 6 — контур запасов кат. A<sub>2</sub>; 7 — контур запасов кат. B; 8 — контур запасов кат. C<sub>1</sub>; 9 — контур запасов кат. C<sub>2</sub>

скважинами, пройденными по редкой сети. По категории  $C_2$  подсчитаны запасы блока VI —  $C_2$  в пределах контура, экстраполированного на основании общих геологических указаний о возможном выклинивании данной залежи.

### Группа «б»

Примером классификации запасов месторождений группы «б» является классификация запасов участка месторождения вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд, план которого изображен на рис. 263.

Рудным телом этого месторождения является горизонт с вкрапленниками, залегающий в эффузивах. Горизонт вкрапленных руд имеет большое протяжение и залегает почти горизонтально, полого погружаясь к югу под углами 2—6°.

Контур промышленного вкрапленного оруденения определяет собой месторождение в целом как асимметричное линзообразное в плане тело постепенно расширяющееся в направлении своей длинной оси с юго-запада на северо-восток и тупообразно заканчивающееся на северо-востоке двумя ветвями. В средней части этого тела промышленных руд, соответствующей минимальным мощностям вмещающих пород, находится безрудный участок, образующий значительное по площади «окно» внутри внешнего контура промышленного оруденения.

Распределение полезных компонентов от скважины к скважине равномерное, но по мощности в пределах колонок отдельных скважин оно неравномерно.

Разведка месторождения осуществлена колонковым бурением и лишь в северо-западной части пройдено четыре вертикальные горные выработки (восстающие), прорезающие полностью рудный горизонт. Подсчет запасов произведен по сортам руд и категориям запасов методом ближайшего района раздельно для площадей открытых и подземных работ с применением по отношению к каждому из них различных лимитов содержания металлов.

Запасы наиболее детально разведанной северо-западной части месторождения, разбуренной сетью скважин с местными сгущениями и прорезанной несколькими горными выработками, отнесены к категории  $A_2$ . Остальные запасы северо-западной части месторождения, как и основные запасы внутреннего контура северо-восточной части, разведанные достаточно густой сетью колонковых скважин, но не проверенные горными работами, утверждены по категории В. К категории  $C_1$  отнесены запасы межконтурных площадей детально разведанных северо-западной и северо-восточной частей месторождения, а также центральной части его, разведанной менее детально. К категории  $C_2$  отнесены запасы южной части месторождения в контуре вероятных подземных работ, разведанном редкими скважинами.

При утверждении запасов этого месторождения по высоким категориям принималось во внимание также то обстоятельство, что подсчет основывался на данных огромного количества скважин. Так, площадь запасов категории В в северо-восточной части месторождения разбурена 160 скважинами. Нетипичные для подсчета значения параметров (возможно, получаемые по отдельным скважинам) погашаются массой определений этих параметров по большому количеству скважин. Данный случай служит примером того, что подсчет запасов в месторождениях с относительно неравномерным содержанием ценного компонента, произведенный по большому количеству параметров подсчета, может оказаться более соответствующим действительности, чем подсчет запасов в месторождениях с более равномерным распределением компонентов, выполненный на основании малого количества данных.

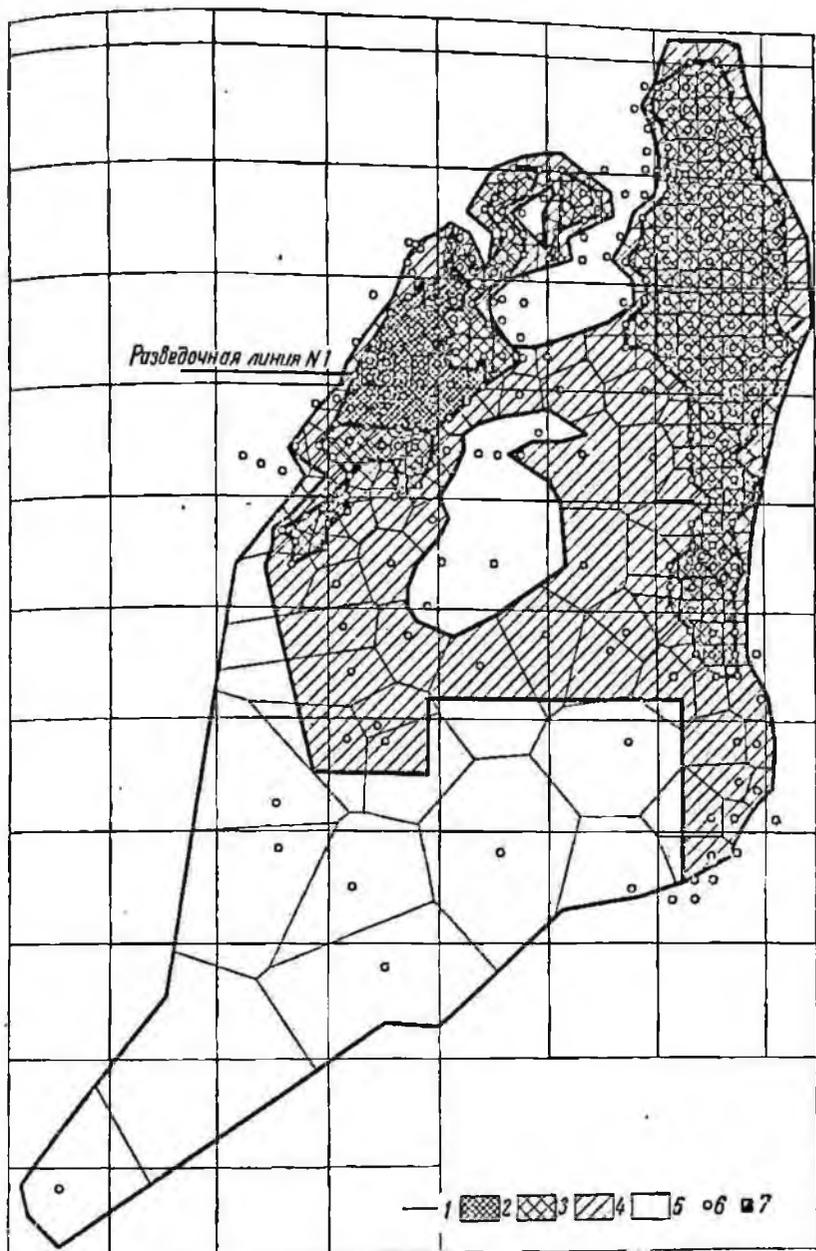


Рис. 263. Классификация запасов участка месторождения сульфидных медно-никелевых вкрапленных руд

1 — границы блоков; 2 — запасы кат. А; 3 — запасы кат. В; 4 — запасы кат. С<sub>1</sub>;  
5 — запасы кат. С<sub>2</sub>; 6 — буровые скиннинги; 7 — восстанавливающие

## Группа «в»

Примером подсчета запасов месторождений группы «в» и их квалификации может служить подсчет запасов многих колчеданных месторождений, осуществляемый способом разрезов. Рудные тела этих месторождений чаще всего имеют форму крутопадающих линз достаточно

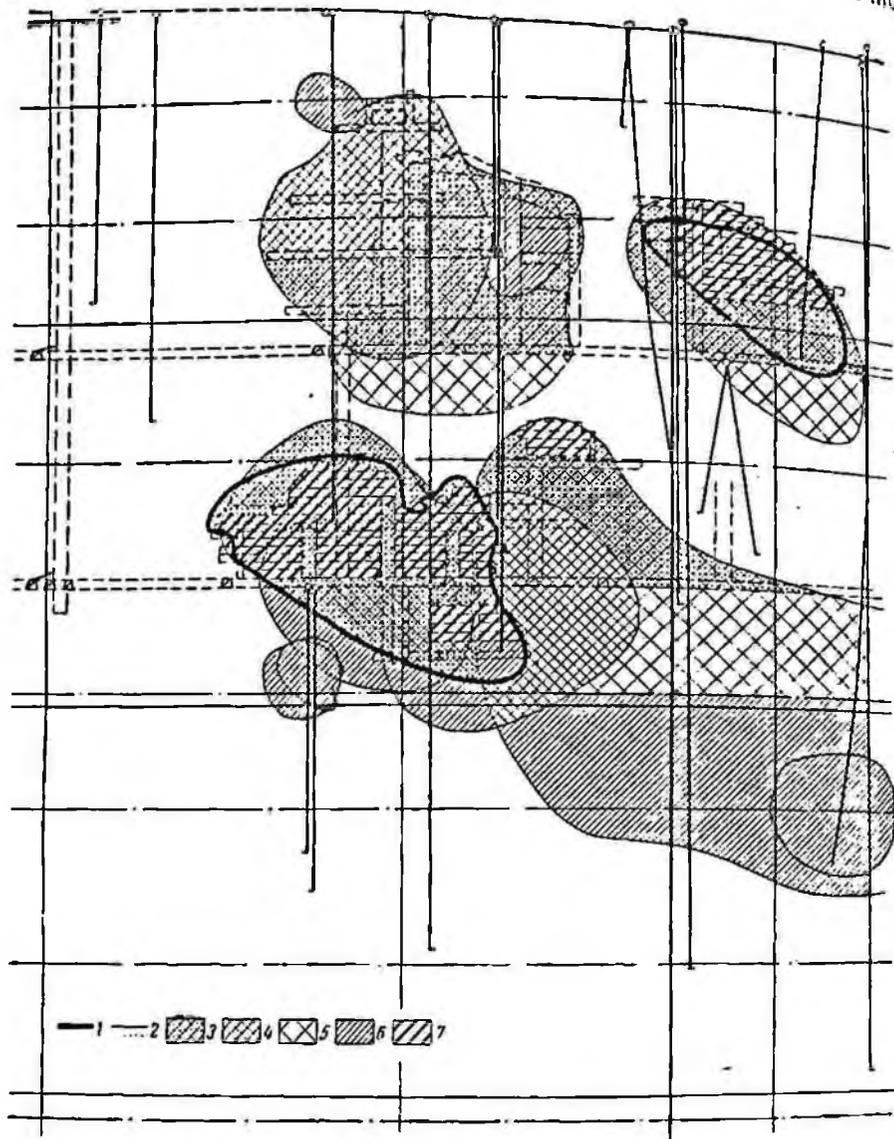


Рис. 264. Проекция рудных тел колчеданного месторождения меди на продольную вертикальную плоскость

1 — контуры мезисто-колчеданных руд; 2 — контуры медистых и цинковых вмещающих руд; 3 — запасы кат. А<sub>1</sub>; 4 — запасы кат. А<sub>2</sub>; 5 — запасы кат. В; 6 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 7 — выработанное пространство

простых очертаний, залегающих среди туфо-эффузивных образований, обычно метаморфизованных в сложный по составу комплекс пород. Верхние части рудных тел вскрываются последовательно серией горизонтов горных работ, отстоящих друг от друга на 30—50 м. По простиранию каждого горизонта проходится штрек, из которого рудное тело вскрывается ортами через 10—15—20 м. На глубину линзы разведь-

ваются скважинами колонкового бурения с расстоянием между ними в 30—60 м как по падению, так и по простиранию.

Группа тесно сближенных между собой линз колчеданного месторождения меди и проекции залежей на вертикальную плоскость, параллельную среднему простиранию залежей, показаны на рис. 264. Один из поперечных разрезов изображен на рис. 265.

Подсчет запасов осуществляется по способу горизонтальных разрезов. Для верхних частей рудных тел, вскрытых горными выработками, контуры тел определяются по каждому горизонту горных работ, как это показано на рис. 266 и 267. Для нижних частей рудных тел, разведанных колонковыми скважинами, строятся горизонтальные разрезы на интервалах, отвечающих высоте эксплуатационного этажа, в данном случае равного 40 м. Для построения таких горизонтальных разрезов сначала составляются поперечные вертикальные разрезы, подобные изображенному на рис. 265, а затем по этим вспомогательным разрезам составляются подсчетные горизонтальные разрезы. Такая взаимная увязка поперечных вертикальных и горизонтальных разрезов позволяет наиболее точно определить контуры рудных тел.

Другим примером подсчета запасов месторождений группы «в» может служить подсчет запасов полиметаллических месторождений алтайского типа.

Как известно, полиметаллические месторождения этого типа расположены преимущественно среди туфо-сланцевых пород. Рудные залежи имеют здесь обычно форму линз, приуроченных к сводовым частям или к крыльям антиклинальных складок. Эти линзы массивных колчеданных руд окаймлены широкими зонами вкрапленных руд.

Верхние части рудных тел вскрываются горными выработками и отрабатываются. Нижние части в это же время разведываются колонковым бурением и подготавливаются для эксплуатации. Обычная картина состояния разведанности этих месторождений сводится к следующему. В то время как самые верхние горизонты месторождения уже отработаны, под ними располагаются горизонты, находящиеся в отработке, а еще ниже — в разведке и подготовке. Горизонты горных работ отстают друг от друга по вертикали на 10—40 м. В пределах каждого горизонта проходятся через 40 м основные штреки, из которых через каждые 5—10 м производится нарезка эксплуатационных камер. Разведка самых

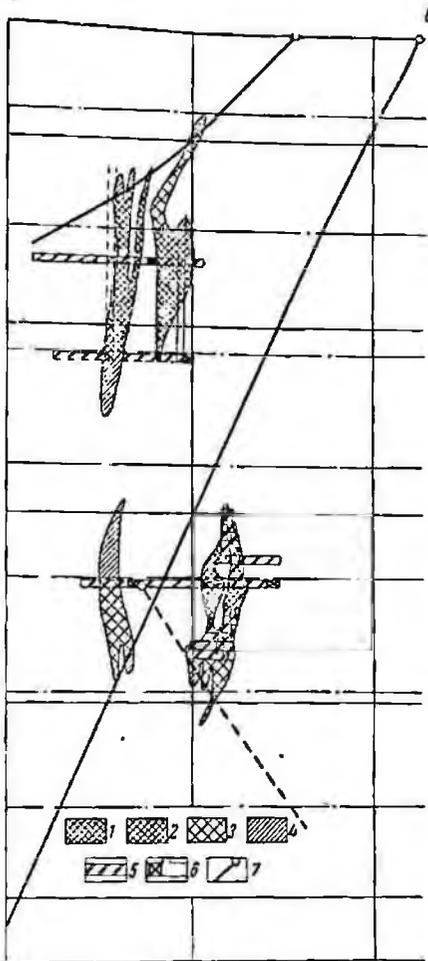


Рис. 265. Поперечный разрез месторождения, изображенного на рис. 264

1 — запасы кат. А<sub>1</sub>; 2 — запасы кат. А<sub>2</sub>; 3 — запасы кат. В; 4 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 5 — отработанное пространство; 6 — горные выработки; 7 — скважины

нижних частей рудных залежей осуществляется буровыми скважинами, располагающимися по сетке, с расстоянием между ними 30—100 м для запасов категории В и до 200 м для запасов категории С<sub>1</sub>.

Подсчет запасов осуществляется по способу вертикальных разрезов, которые строятся по осям очистных камер.

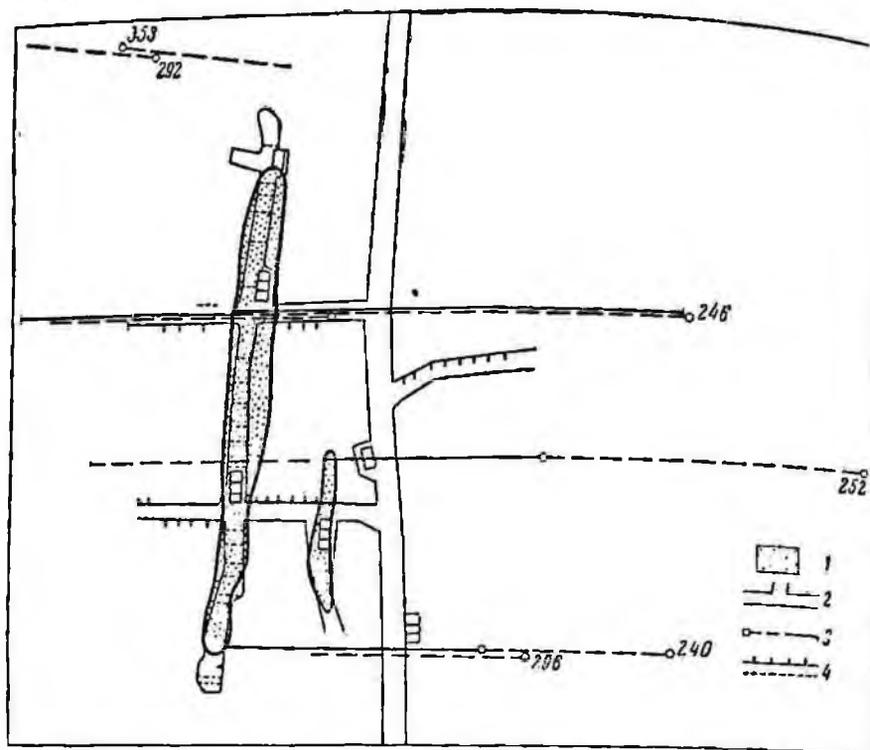


Рис. 266. План рудных тел на горизонте 85 м месторождения, изображенного на рис. 265

1 — рудные тела; 2 — горные выработки; 3 — скважины; 4 — места взятия проб

Один из горизонтов горных работ с интенсивно отработанными рудами изображен на рис. 268, а три сближенных вертикальных разреза по осям соседних камер — на рис. 269.

Запасы подсчитываются по сортам руд. Выделяются три основных сорта руды: окисленная, сплошная сульфидная и вкрапленная сульфидная. Оконтуривание площадей для подсчета запасов вкрапленных сульфидных руд проводится по данным химических анализов проб на основании установленного минимального промышленного содержания металлов в руде. Площади на разрезах измеряются планиметром. Среднее содержание металлов вычисляется как среднее арифметическое.

Примером подсчета запасов месторождений группы «в» жильного типа может служить подсчет запасов кварцево-молибденовой жилы, проекция центральной части которой на продольную вертикальную плоскость изображена на рис. 270.

Жила залегает среди гранитов и сопровождается рудоносными грейзенами, которые образуют оторочку вокруг жильного выполнения.

Руды месторождения состоят из жильного кварца с молибденитом и рудоносных грейзенов. В небольшом количестве встречаются пирит, халькопирит, мусковит, флюорит и реже полевой шпат, ильменорутил и вольфрамит. Из гипергенных минералов чаще всего встречаются

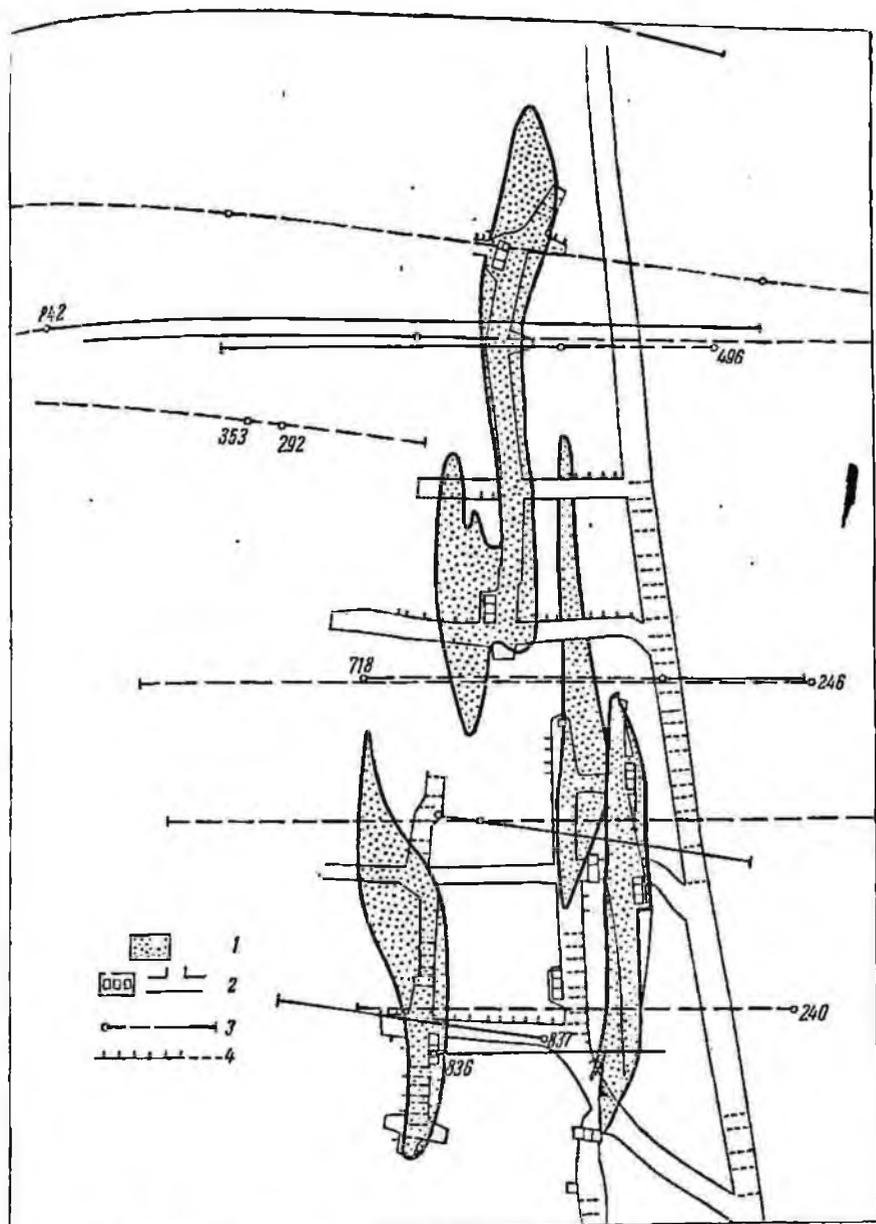


Рис. 267. План рудных тел на горизонте 154 м месторождения, изображенного на рис. 265

1 — рудные тела; 2 — горные выработки; 3 — скважины; 4 — места взятия проб

... гауазит и лимонит. Распределение компонентов в руде...  
 ... характеристика центральной части жилы...  
 ... мощность 0,95 м, угол падения 85°. Мощность составляет...  
 ... заметных колебаний. На отдельных участках жилы...  
 ... апофизы незначительной длины и малой мощности...  
 ... параллельно основной жиле залегают небольшие, быстро...  
 ... кварцевые и грейзеновые жилки.



Рис. 268. Подсчет запасов участка полиметаллического месторождения Алтая  
 по способу разрезов. Схема разбивки площади блока на категории запасов.  
 План горизонта горных работ

Цифры в арках: 1 — красно-зеленые туфы; 2 — глинистые сланцы; 3 — микрокварциты непроизводительные; 4 — микрокварциты с вкрапленностью сульфидов; 5 — микрокварциты золотосодержащие; 6 — серицит-карбонатные сланцы непроизводительные; 7 — серицит-карбонатные сланцы с вкрапленностью сульфидов; 8 — окисленные руды; 9 — брекчии с вкрапленностью сульфидов  
 I — запас кат. А; II — запас кат. А; III — скважины; IV — тектонические нарушения; V — горные выработки

Разведка жилы производилась горными выработками в комбинации с колонковым бурением. Жила с поверхности в пределах зоны окисленных и выщелоченных руд прослежена канавами через 10—15 м и редкими неглубокими шурфами. На глубине двух горизонтов (50 и 100 м) жила вскрыта, прослежена, подготовлена и частично отработана. На одном горизонте глубже жила прослежена рядом колонковых скважин, которые обнаружили склонение в ее промышленной части. Расстояние между этими скважинами по простиранию жилы 200 м. Кроме того, отдельными скважинами было проверено наличие оруденения на глубине 245 м. Запасы верхней части жилы, вскрытой горными выработками, подсчитывались методом эксплуатационных блоков, а нижней, подсеченной

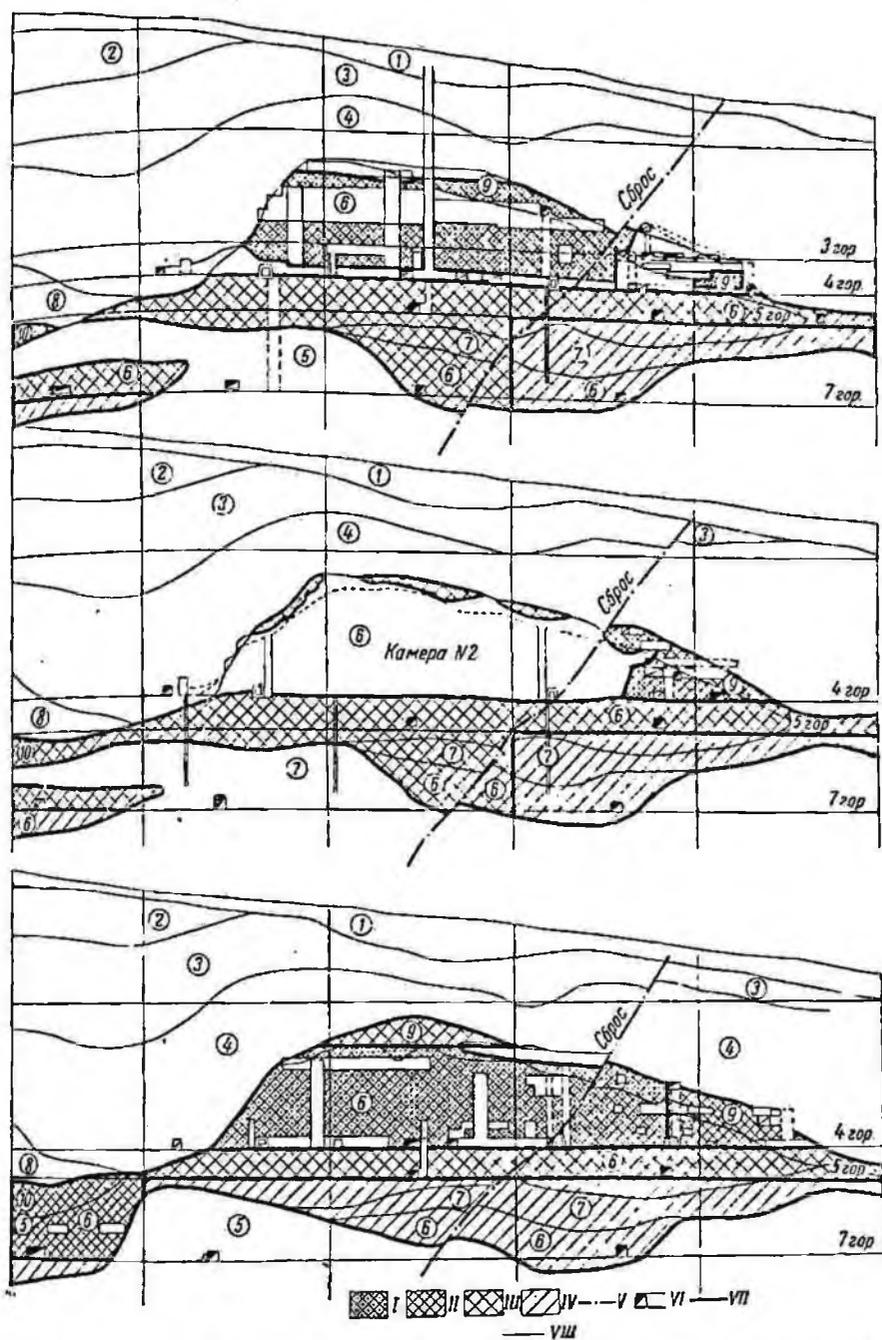


Рис. 269. Разрезы к подсчету запасов месторождения, изображенного на рис. 268

Цифры в кружках: I — четвертичные отложения; 2 — известково-глинистые сланцы; 3 — красно-зеленые туфы; 4 — глинистые сланцы; 5 — микрокварциты непромышленные; 6 — микрокварциты с вкрапленностью сульфидов; 7 — микрокварциты золотосодержащие; 8 — серицит-карбонатные сланцы с вкрапленностью сульфидов; 9 — окисленные руды; 10 — брекчии с вкрапленностью сульфидов

I — запасы кат. А<sub>1</sub>; II — запасы кат. А<sub>2</sub>; III — запасы кат. В; IV — запасы кат. С<sub>1</sub>; V — сбросы; VI — горные выработки; VII — контуры рудного тела; VIII — границы пород

буровыми скважинами. — методом геологических блоков. Запасы категории А в описываемой части жилы отсутствуют.

К запасам категории В отнесены участки, расположенных выше второго горизонта горных работ, оконтуренных с двух, трех и изредка с четырех сторон горными выработками.

Блоки В-1, В-10, В-11 и В-12 оконтурены отдельно как шахтные целики, и запасы их отнесены к балансовым, так как по содержанию полезных компонентов они удовлетворяют установленным кондициям.

По категории С<sub>1</sub> утверждены запасы площадей, верхняя граница которых прилегает к горным работам, а нижняя опирается на первый ряд скважин.

Вместо трех блоков (В-12, В-15 и С<sub>1</sub>-13) следовало бы выделить два блока с границей между ними по восстающему, и отнести запасы этих блоков к категории В.

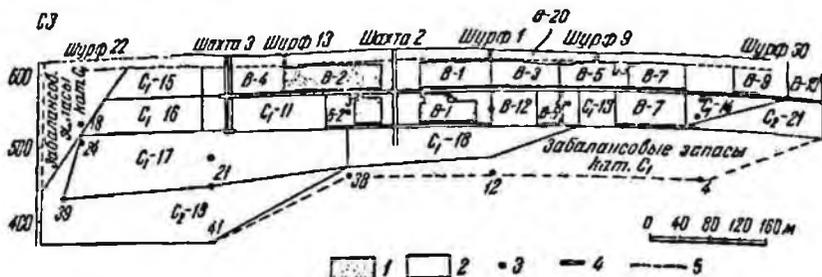


Рис. 270. Схема разбивки части рудной жилы на подсчетные блоки  
1 — выработанные участки; 2 — рудные блоки; 3 — буровые скважины; 4 — горные выработки; 5 — контур забалансовых запасов

К категории С<sub>2</sub> отнесены запасы площади, ограниченной сверху первым рядом скважин, а снизу — линией, проходящей через скважину второго ряда параллельно поверхности. Фланговые границы площади, запасы на которой утверждены по категории С<sub>2</sub>, оконтурены с учетом склонения жилы в промышленной ее части.

Запасы окисленных руд верхней части жилы до глубины распространения зоны окисления оконтурены отдельно (блок В-20) и отнесены к группе забалансовых запасов, так как технология обогащения этих руд пока не освоена. Кроме того, к забалансовым отнесены запасы двух блоков, опирающихся на четыре скважины и шурф, в связи с тем, что разведочные выработки показали отсутствие на этих участках руды, удовлетворяющей установленным кондициям (содержание полезных компонентов оказалось ниже кондиционного). Запасы категории С<sub>2</sub> забалансовых руд не оконтурировались и не подсчитывались, что в данном случае надо признать правильным, так как более глубокие горизонты еще не разведаны и определять забалансовые руды на этих горизонтах преждевременно.

Подсчет запасов месторождения группы «в» штокверкового типа хорошо иллюстрируется следующим примером.

Штокверковое месторождение оловянных руд расположено в центральной части массива гранодиорит-порфиров. Оруденение приурочено к сети мелких, неправильных кварцевых образований, имеющих характер ветвящихся и перемежающихся прожилков или мелких неправильных линз и друз. Иногда эти прожилки выполняют прихотливые сопряженные сферические трещины, сочетание которых в сечении напоминает пчелиные соты. Кварцеворудные образования имеют 1—2 см по мощности и достигают нескольких десятков сантиметров по длине. Густота распространения кварцеворудных скоплений весьма непостоянна, но тем не менее вполне достаточна для того, чтобы рассматривать такое месторождение как штокверк. План этого месторождения изображен на рис. 271.



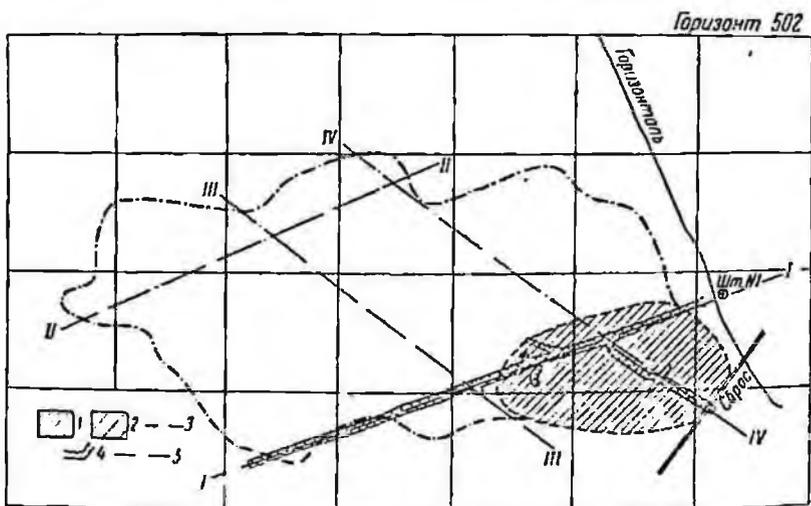
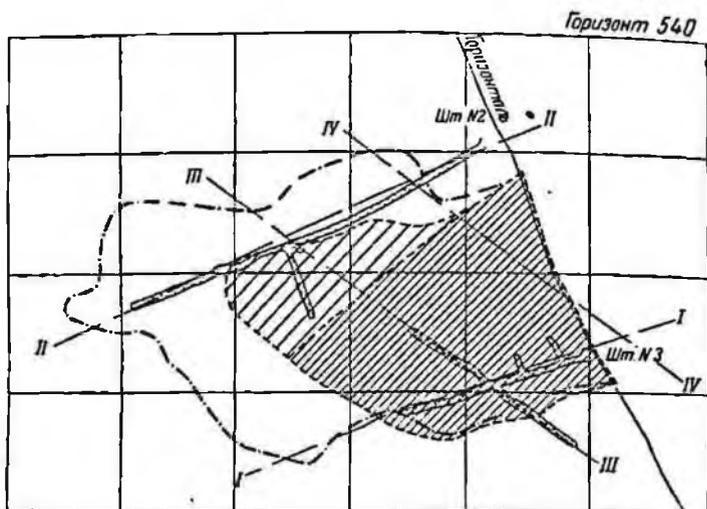
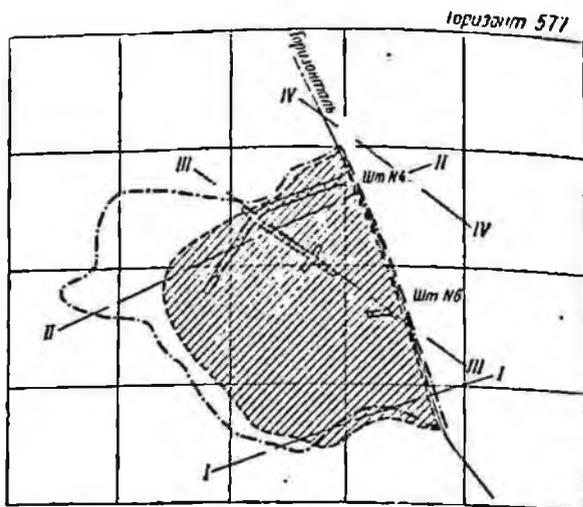


Рис. 272. Схема подсчета запасов месторождения, план которого изображен на рис. 271

1 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 2 — запасы кат. С<sub>2</sub>; 3 — проекция контура рудного штока с поверхности; 4 — горные выработки и места взятия проб; 5 — линии вертикальных разрезов

Промышленная концентрация руды приурочена здесь к центральной части штокерка. Четких геологических контуров рудное тело не имеет. Распределение олова в руде крайне неравномерно. Поэтому контуры подсчета запасов промышленных руд опираются на результаты химических анализов проб.

Месторождение разведано с поверхности сетью канав и траншей, обеспечивающей густоту сети опробования — один опробованный пункт на  $150 \text{ м}^2$  площади. На глубину месторождение разведано штольнями со штреками на четырех горизонтах.

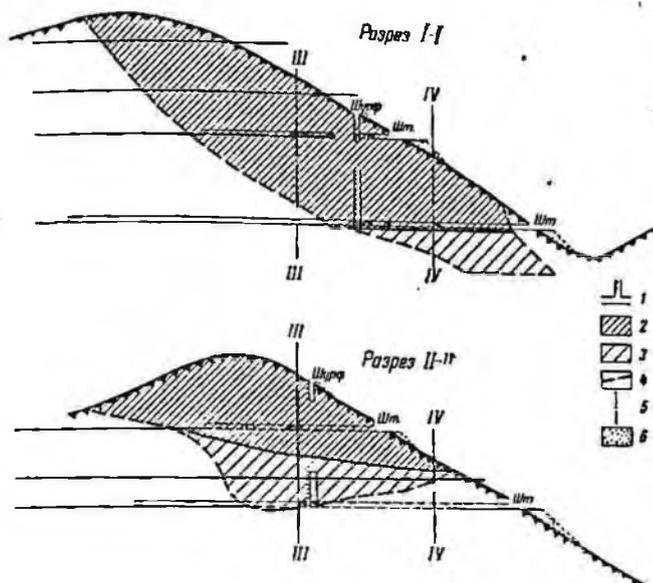


Рис. 273. Разрезы по линиям I—I и II—II, месторождения, план которого изображен на рис. 271

1 — горные выработки и места взятия проб; 2 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 3 — запасы кат. С<sub>2</sub>; 4 — контуры подсчета промышленных руд; 5 — линии разрезов; 6 — отвалы

Подсчет запасов произведен по горизонтальным разрезам для трех горизонтов горных работ, имеющих абсолютную высоту 502, 540 и 577 м (рис. 272). Контуры рудного тела проведены на основании данных опробования по принятому предельному содержанию металла. Для уточнения контуров по горизонтальным разрезам, принятым для подсчета запасов, построены взаимно перпендикулярные вертикальные профили северо-восточного и северо-западного направлений (рис. 273 и 274). Определение объемов рудного тела между горизонтами горных работ произведено обычным способом по формуле призмы. Объем рудного тела между горизонтом 577 и поверхностью вычислен по формуле цилиндра, за основание которого принята площадь залежи на горизонте 577, а за высоту — среднее из многочисленных замеров от горизонта 577 до поверхности. Так же определен объем той части тела, которая экстраполирована книзу от горизонта 502.

Запасы по категориям распределялись следующим образом.

К категории С<sub>1</sub> отнесены запасы, заключенные между разведанной поверхностью и горизонтами горных работ, в пределах контуров экстраполяции залежи в плане. К категории С<sub>2</sub> отнесены запасы в контурах экстраполяции ниже горизонта 502 м до уровня предполагаемого выклинивания залежи.

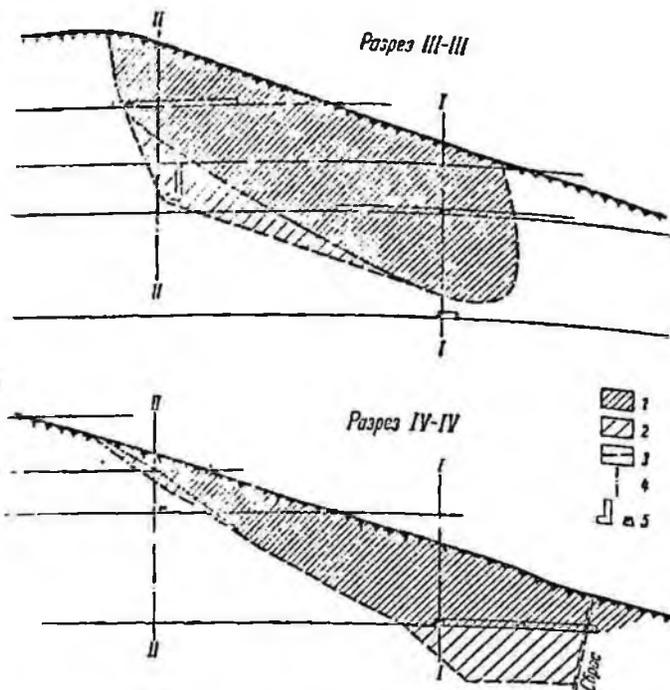


Рис. 274. Разрезы по линиям III—III и IV—IV месторождения, план которого изображен на рис. 271

1 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 2 — запасы кат. С<sub>2</sub>; 3 — контуры подсчета промышленных руд; 4 — линии разрезов; 5 — горные выработки

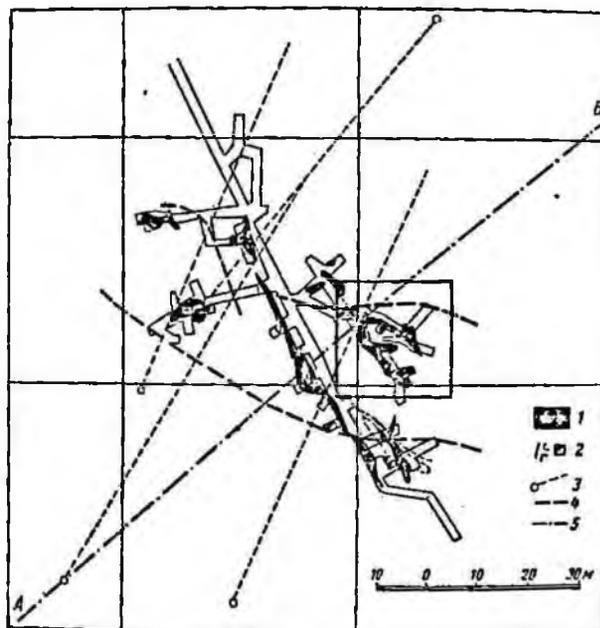


Рис. 275. План первого горизонта, вскрывшего несколько трубообразных залежей полиметаллической руды (в квадратной рамке показано сечение рудной трубы, распределение запасов которой по категориям приведено на рис. 277)

1 — рудное тело; 2 — горные выработки; 3 — буровые скважины и их направление; 4 — зоны смещения; 5 — линия разреза

Следует отметить, что разведка штокерковых месторождений может осуществляться не только горными выработками, но и буровыми скважинами. Буровые скважины чаще располагаются по сетке, а запасы подсчитываются методом вертикальных разрезов или геологических блоков.

### Группа «г»

Примером подсчета запасов месторождений группы «г» может служить подсчет запасов крутоныряющих столбообразных полиметаллических залежей.

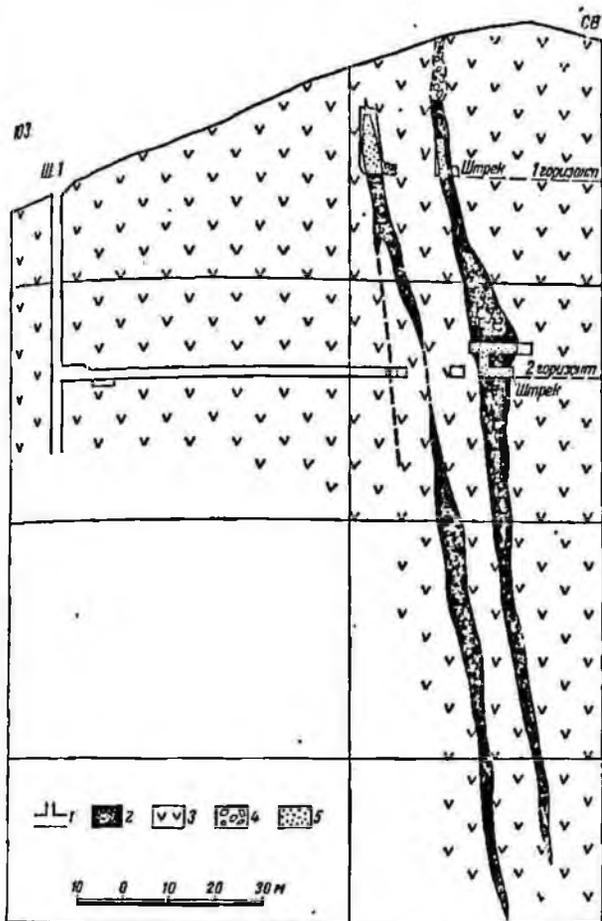


Рис. 276. Геологический разрез трубообразных залежей полиметаллической руды по линии АБ (см. рис. 275)

1 — горные выработки; 2 — рудные тела; 3 — вмещающие породы; 4 — забутовка; 5 — отработанные участки

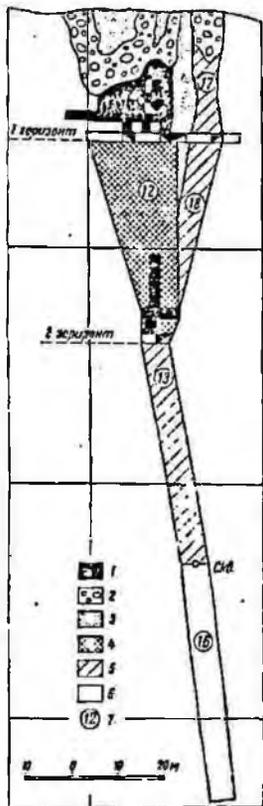


Рис. 277. Классификация запасов одной из трубообразных залежей. Вертикальная проекция

1 — отработанные участки; 2 — обрушенные участки; 3 — безрудные участки; 4 — запасы кат. В; 5 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 6 — запасы кат. С<sub>2</sub>; 7 — номера блоков

ских рудных тел Кансая, общая морфология которых в горизонтальном сечении изображена на рис. 275. Продольный разрез этих рудных тел приведен на рис. 276, а распределение запасов по категориям для одной из труб — на рис. 277.

Рудные тела данного месторождения представлены крутопадающими столбообразными и короткими жиллообразными метасоматическими зале-

жамы в известняках и мраморах. Размеры рудных тел незначительны и поперечное сечение их лежит в среднем в пределах 8—20 м. Сечения рудных тел крайне неравномерны; в них часто наблюдаются значительные раздувы и пережимы до полного выклинивания этих тел. Сечения типов руд являются богатые сплошные сульфидные руды. Основным минералом является галенитом, сфалеритом, пиритом, пирротином и халькопиритом с незначительным количеством жильных минералов. Сплошные сульфиды постепенно переходят во вкрапленные руды и в большинстве случаев имеют нечеткие контакты.

Столбообразная залежь, на примере которой иллюстрируется классификация запасов, вскрыта двумя горизонтами горных работ, полностью оконтуривающих рудное тело на каждом этаже, и подсечена ниже второго горизонта одной скважиной колонкового бурения.

Подсчет запасов осуществлялся по способу горизонтальных разрезов. Запасы категории А отсутствуют.

К запасам категории В отнесены запасы блока центральной части рудного тела, расположенного между первым и вторым горизонтами горных работ и полностью оконтуренного на обоих горизонтах. По категории С<sub>1</sub> утверждены запасы апофизы тела, вскрытой горными работами выше первого и второго горизонтов, а также запасы основной части тела между нижним горизонтом горных работ и разведочной скважиной.

Запасы категории С<sub>2</sub> определены путем экстраполяции площади поперечного сечения рудного тела на глубину 50 м ниже уровня подсечения рудного тела буровой скважиной. Эта площадь вычислена как среднее значение площади, оконтуренной на двух этажах горных работ.

Другим примером подсчета запасов месторождений столбообразной формы группы «г» может служить подсчет запасов трубообразного тела полиметаллической руды, проекция которого на вертикальную плоскость изображена на рис. 278.

Эта залежь является типичным трубчатым телом. Расположена она в известняках и контролируется пересечением двух зон дробления. В соответствии с погружением двугранного угла, образованного при пересечении зон дробления, рудное тело ныряет на глубину под средним углом 70°, прихотливо извиваясь, расщепляясь и вновь соединяясь. Руда сложена сульфидами мышьяка, свинца и цинка. Распределение перечисленных элементов в пределах залежи неравномерное, но характер оруденения с глубиной не меняется. Точно так же с глубиной практически не меняется и площадь поперечного сечения.

С поверхности до глубины горизонта II рудное тело отработано полностью. На 25 м ниже этого горизонта расположен горизонт III, еще ниже на 20 м — горизонт IV. На интервале между горизонтами II и IV тело частично отработано. Подсчет запасов ниже горизонта II осуществлен методом горизонтальных разрезов, проходящих по кровле горизонтов горных работ. Площадь рудного тела на разрезах полностью оконтурена сплошной камерообразной выработкой и может быть измерена планиметром. На горизонте IV к моменту подсчета запасов площадь тела была оконтурена не полностью и размеры ее приравнивались к размерам площади горизонта III. Полусумма площадей, умноженная на расстояние между этажами, определяла объем руды между разрезами. Из этого объема вычитался объем отработанной руды по данным маркшейдерских замеров. Для определения запасов металлов их среднее содержание определялось путем уравнивания частных содержаний на площадь влияния проб, хотя оно могло быть с успехом определено и среднearифметическим способом.

Запасы ниже горизонта IV в пределах внешнего контура определялись путем экстраполяции средней площади поперечного сечения рудного тела и средних содержаний металлов на глубину 75 м.

Примером подсчета запасов месторождений группы «г» гнездового типа может служить подсчет запасов драгоценных камней.

Участок месторождения сложен сильно измененными изверженными породами. Массив этих пород прорезан густой сетью жилообразных и линзовидных тел, положение которых в плане изображено на рис. 279 и 280, а в разрезе — на рис. 281. Главная масса рудных тел приурочена к основной зоне. В этой зоне выделяются пространственно разобщенные линейно вытянутые жилы, представляющие собой серии обычно

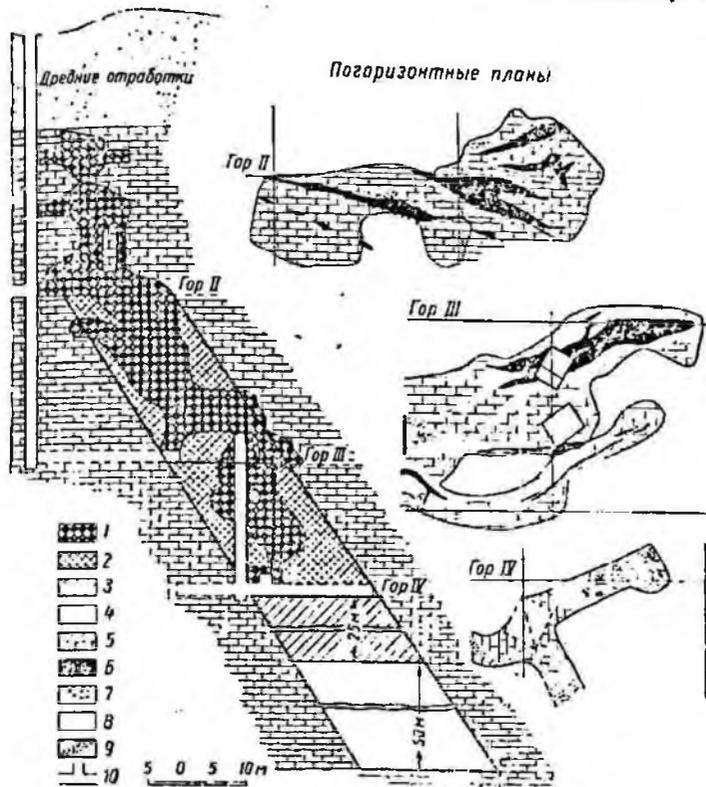


Рис. 278. Схема подсчета запасов сульфидной трубы.

Проекция на вертикальную плоскость и погоризонтные планы

- 1 — отработанные участки; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С; 4 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 5 — вмещающие известняки; 6 — сплошное сульфидное оруденение; 7 — богатое вкрапленное сульфидное оруденение; 8 — бедное вкрапленное сульфидное оруденение; 9 — зона дробления; 10 — горные выработки

коротких по простиранию и падению жил, линз и гнезд. Распределение ценных минералов в рудных телах крайне неравномерное. Месторождение с поверхности разведано большим количеством шурфов (глубиной до 25 м) с рассечками. На глубину до 100 м оно вскрыто шахтами с рядом горизонтов горных работ. Еще ниже, до глубины 150—175 м, рудная зона прослежена скважинами колонкового бурения.

После проведения экспериментальных работ по опробованию и сопоставлению результатов валового и задиркового методов, которые дали практически близкие результаты, был принят задиркового способ опробования для всех горных выработок. Пробы по жилам отбираются в вертикальной плоскости, расположенной вкрест простирания по всей вскрываемой мощности жилы. Площадь задирки определяется вскрываемой мощностью жил и высотой выработки. Глубина задирки в среднем принята 10 см, но практически она изменяется от 5 до 20 см. Расстояние

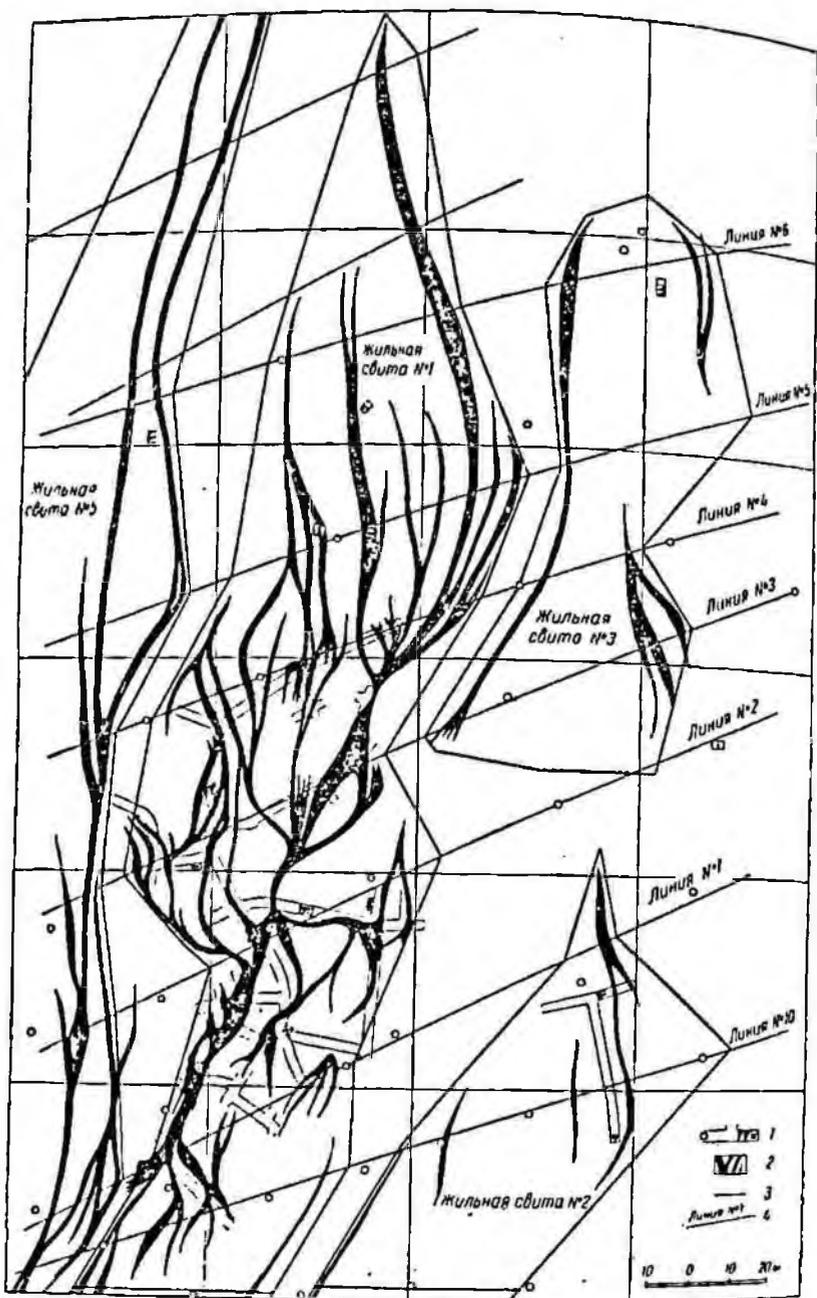


Рис. 279. План жильных свит месторождения с гнездовым распределением ценного компонента на верхнем горизонте  
 1 — горные выработки и скважины; 2 — рудные тела; 3 — контур блоков подсчета;  
 4 — разведочные линии и их номера

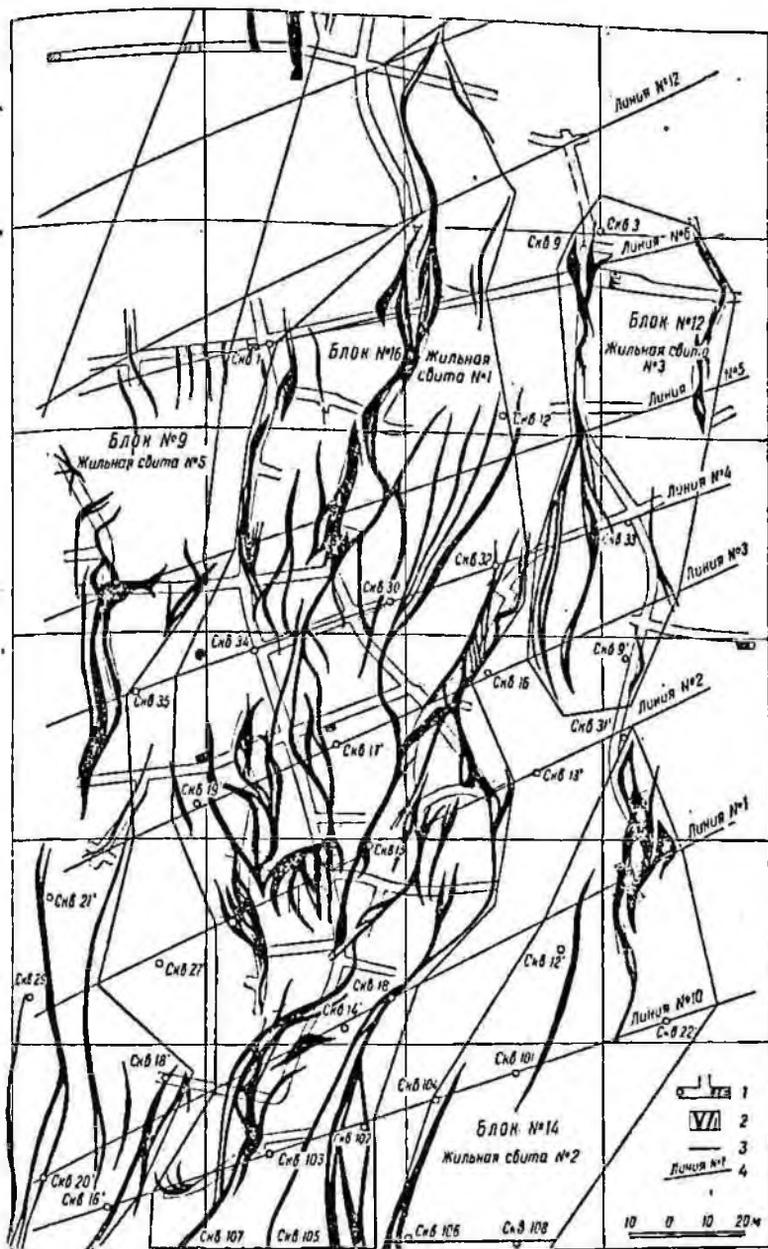


Рис. 280. План жилых свит месторождения с гнездовым распределением ценного компонента на нижнем горизонте

1 — горные выработки и скважины; 2 — рудные тела; 3 — контур блоков подсчета; 4 — разведочные линии и их номера

между пробами по простиранию колеблется в пределах от 0,8 до 2,5 м в зависимости от эффекта отпалки, составляя в среднем 1,5—2,0 м.

После первого квартования одна половина пробы идет на приготовление навески для химического анализа, а другая поступает на подготовку для отбора ценных минералов. Отпрепарированные кристаллы и кристаллические агрегаты взвешиваются и определяется их процентное содержание в пробе. Таким образом, получают данные о процентном содержании в пробе фактически извлекаемых ценных минералов. Химические анализы служат для контроля опробования.

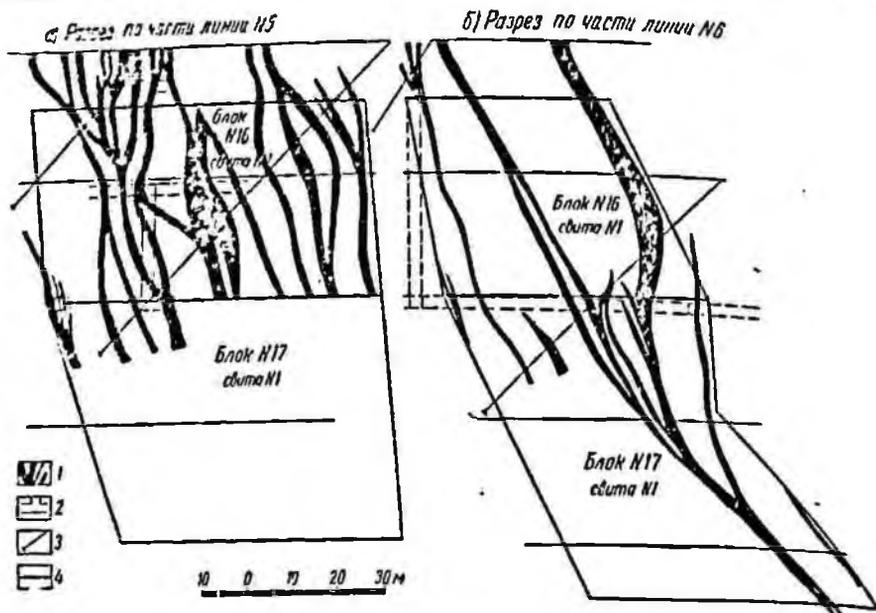


Рис. 281. Разрезы по части разведочных линий № 5 и 6 жилой свиты месторождения, изображенного на рис. 279 и 280

1 — рудные тела; 2 — горные выработки; 3 — складины; 4 — контур блоков

Подсчет запасов производился следующим образом. На основании зарисовок горных выработок и проб в местах отбора последних вычисляли среднюю горизонтальную мощность рудных тел, а для участков, расположенных ниже горизонта горных выработок, — среднюю вертикальную мощность. По данным опробования подсчитывали содержание ценных минералов по каждому опробованному сечению. Далее, по плану съездов определяли длину каждого опробованного сечения. Затем, умножая длину влияния на среднюю мощность, вычисляли площадь влияния данного сечения, что при условии высоты блока в 1 м составляет объем, на который распространяется влияние данного сечения. Суммирование всех частных площадей влияния давало общую горизонтальную площадь рудных тел для данного участка, что одновременно составляло и объем руды при условии высоты блока в 1 м, или площадью в этих руды в кубических метрах. Этот площадной запас руды, умноженный на объемный вес, позволял определить линейный запас руды в тоннах.

Одновременно с вычислением частных значений площадей влияния и объемов на основании данных опробования вычисляли частные значения запасов ценных минералов путем умножения частных объемов на содержание по опробованному сечению. Их суммирование составляло площадной запас ценного минерала по сечению.

Подсчет запасов производили по отдельным жилым сечениям в пределах определенных блоков. Размер блоков по простиранию был определен

лен территориальным обособлением серии жильных тел и колебался в широких пределах, от десятков до сотен метров. Размер блоков по падению (по высоте) в верхней части месторождения определялся высотой этажей между основными горизонтами горных выработок (10—20 м). Ниже горных выработок глубину блоков вычисляли по отметкам нижних точек пересечения рудных зон буровыми скважинами. Запасы в блоке между двумя сечениями определяли путем умножения среднеарифметического из линейных запасов по каждому сечению, вычисленных вышеуказанным способом, на расстояние между сечениями.

## 2. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ БОКСИТОВ

### Общие требования к методике разведки месторождений

При разведке и геологическом изучении бокситовых месторождений независимо от того, по какой категории должны быть подсчитаны их запасы, необходимо соблюдать некоторые общие требования и условия в отношении последовательности и методики проведения геологоразведочных работ. Эти требования определяются, с одной стороны, особенностями этого минерального сырья, с другой — задачей наиболее полного изучения месторождения и наилучшего обоснования подсчитанных запасов при наименьших затратах времени и средств.

Важнейшим условием для правильной оценки месторождения и его перспектив является достаточно высокая общая геологическая изученность района месторождения — его стратиграфия, литология, тектоники и истории геологического развития. Необходимо также располагать материалом для установления структурного положения изучаемого бокситового месторождения или бассейна на фоне более крупного геологического региона и для определения геологического типа месторождения — платформенного или геосинклинального, морского или озерного генезиса. Правильное установление генетического и структурного типа месторождения имеет исключительно большое значение для выбора метода разведки, так как каждый из геологических типов бокситовых месторождений характеризуется определенным своеобразием морфологии и условий залегания рудных тел, а также рядом закономерностей в распределении полезных компонентов.

Геологическая изученность района месторождения должна быть отражена на геологической карте масштаба 1 : 50 000 — 1 : 25 000. Составление такой карты, как правило, предшествует производству основного объема разведочных работ; в свою очередь данные разведочных работ должны использоваться для корректирования и уточнения геологической карты. Для участка детальной разведки в процессе производства геологоразведочных работ составляется более детальная геологическая карта масштаба 1 : 10 000 — 1 : 5000 (в зависимости от площадных размеров месторождения), а при выходе рудных тел на поверхность — и более крупного масштаба. Геологические карты составляются на инструментальной топографической основе.

Для разведки бокситов применяются главным образом скважины, а также шурфы или дудки. Крупные пластообразные и линзовидные залежи могут быть детально разведаны только скважинами (предпочтительно колонкового бурения), в этом случае проходятся лишь одиночные горные выработки для контроля данных бурения, отбора технологических проб, уточнения горнотехнических условий, взаимоотношения руд с вмещающими породами и т. п. Небольшие и мелкие линзовидные и гнездообразные рудные тела, а также и более крупные залежи на участках, где боксит залегает близ дневной поверхности и затронут процессами вторич-

потери при прокаливании, а при палиции серы выше 0,2% — также и на S. Определение содержаний  $P_2O_5$ , MgO, Mn и С (органического) обычно производится по групповым пробам, причем количество анализов должно обеспечивать правильную среднюю характеристику руд по указанным компонентам; несколько групповых проб подвергают спектральному анализу с целью выяснения полного химического состава боксита, в частности, содержания в нем галлия; для бокситов, пригодных для переработки по гидрохимическому способу, определяют также  $CO_2$ , связанное с карбонатами.

Таким образом, количество химических компонентов, содержание которых определяется для полной качественной характеристики бокситов, довольно велико. Однако при подсчете запасов подробные вычисления средних показателей по выработкам, разрезам, блокам и т. д., как правило, достаточно производить только для наиболее важных компонентов —  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , а в случае наличия CaO и S в количествах, существенно влияющих на качественную характеристику, также и по этим компонентам; средние же содержания всех других компонентов, если их содержание специально не регламентировано условиями (как например, содержание  $Fe_2O_3$  в маложелезистых бокситах для производства огнеупоров), можно определять лишь по крупным блокам, горизонтам или в целом по месторождению, причем во всех случаях вычисления рекомендуется производить самими простыми наименее трудоемкими методами.

В процессе детальных разведочных работ обязательно производится изучение гидрогеологических условий месторождения согласно существующим инструкциям (гидрогеологическая съемка, наблюдения и замеры уровня воды в буровых скважинах, опытные откачки и пр.) с целью выяснения и расчета возможного притока воды в эксплуатационные выработки, а также для решения вопросов водоснабжения предприятия питьевой и технической водой. Кроме того, должно производиться изучение горнотехнических условий отработки (крепость и трещиноватость пород, устойчивость кровли, кусковатость руды, коэффициент разрыхления и пр.). При неглубоком залегании рудных залежей, позволяющем отработку их открытыми горными работами, следует определить соотношение объема пустых пород и руды.

Общим требованием к разведке является комплексное изучение месторождений. Совместно с бокситами могут быть встречены огнеупорное и керамическое сырье (аллиты, глины), известняки, уголь и некоторые другие полезные ископаемые. Оценка качества и количества этих сопутствующих полезных ископаемых должна являться задачей геолога, наряду с его основной задачей — разведкой бокситового месторождения.

#### Требования к системе расположения выработок и плотности разведочной сети

Все бокситовые месторождения, представляющие практический интерес, приурочены к горизонтально или наклонно залегающим осадочным толщам и в большинстве характеризуются пластообразной или линзообразной формой рудных тел; более редко встречаются гнездообразные, воронкообразные и различной сложной формы залежи, образовавшиеся путем выполинения бокситовым материалом карстовых полостей в карбонатных породах.

Для выбора целесообразного метода разведки наибольшее значение имеют форма рудных тел, их размеры и выдержанность вещественного состава бокситов.

Мощность рудных тел, как правило, варьирует в довольно широких пределах, изменяясь на коротких расстояниях. Наиболее изменчивой

мощностью характеризуются бокситовые тела, залегающие на закарстованной поверхности карбонатных пород. Границы промышленных рудных тел могут определяться выклиниванием, разрывными нарушениями и фацональными переходами в некондиционные породы.

По выдержанности вещественного состава и качественной характеристике руд бокситовые месторождения весьма разнообразны. Большинство характеризуется быстрыми изменениями качества руд как по мощности, так и по простиранию рудных тел; в связи с этим интерполяция сортов руд между выработками даже при детальной разведке обычно ненадежна; залежи с выдержанным составом руд, позволяющим производить эти увязки, встречаются относительно редко.

С учетом указанных природных факторов инструкцией ГКЗ по применению классификации запасов большинство бокситовых месторождений с некоторой условностью подразделяется на следующие четыре группы, характеризующиеся сходной методикой разведки.

I группа. Крупные пластообразные тела большой протяженности с относительно выдержанным качеством боксита, залегающие среди известняков и представляющие осадочные прибрежно-морские и лагунные образования. Примером являются палеозойские месторождения Петропавловской бокситоносной полосы на Северном Урале (Красная Шапочка, Кальинское, Черемуховское), Вязовско-Айской бокситоносной полосы на Южном Урале (Межевой Лог, Первомайское, Барсучий Лог и др.) и Салаирского бокситоносного района (Бердское, Обуховское).

Характерной особенностью указанных месторождений является согласное перекрытие боксита вышележащими породами и крайне неровная закарстованная поверхность подстилающих известняков, отчего бокситовые тела имеют весьма непостоянную быстро меняющуюся на коротком расстоянии мощность. В основании рудного горизонта обычно наблюдается спорадически встречающаяся известняково-бокситовая брекчия.

Для известных месторождений данной группы характерно моноклинальное залегание пород или пликативные деформации с падением пластов под углами от 10—15 до 35—45° и более крутыми (Салаир). Обстоятельством, осложняющим разведку, является наличие системы дизъюнктивных смещений, вследствие чего первоначально непрерывный пласт оказывается разбитым на разного размера блоки. Так, например, для североуральских месторождений размеры тектопических блоков по простиранию от 200 м до 2 км, по падению до 600—800 м, для южноуральских — по простиранию 50—300 м, по падению — от 15 до 100 м и более. Особенно трудны для изучения мелкие дизъюнктивные нарушения в южноуральских месторождениях, часто разбивающие бокситовый пласт на ряд мелких, надвинутых друг на друга чешуй.

II группа. Крупные линзовидные залежи обычно значительной мощности и протяженности, приуроченные к песчано-глинистым осадкам континентальных бассейнов. Примером могут служить наиболее крупные залежи Каменского бокситоносного района на Среднем Урале, Амангельдинского бокситоносного района в Казахской ССР, Тихвинского бокситоносного района, а также наиболее крупные залежи месторождений УССР и Архангельской области.

Особенностью данных месторождений является наличие в толще боксита глинистого и песчано-глинистого материала как в виде составной части бокситовой породы, так и в виде прослоек и линз; это обуславливает пестроту состава, сложную конфигурацию промышленных рудных тел и нередко весьма прихотливое взаимораспределение руд

различия состава и свойств, чередующихся с участками некондиционных пород. Кроме того, ввиду с этим, наблюдается известная закономерность в размещении богатых и бедных руд.

В конфигурации депрессий древнего рельефа, в которых накапливался боксит, нередко выклиниваются, иногда перистообразно расщепляются и замещаются глинисто-песчаными породами; таким образом, ввиду по качеству бокситы приурочены к центральным частям. В вертикальных сечениях также нередко обнаруживается зональное строение с наличием в средней части залежи наиболее богатых глиноземом разностей. Для Тихвинских месторождений характерна локализация залежей бокситов в верховьях долин овражно-балочного типа: в более глубоких частях долин бокситы сменяются бедными железными рудами (аллитами, сиалитами), а затем — огнеупорными глинами.

Вследствие перекрытия толщ боксита песчано-глинистыми отложениями нередко наблюдаются размывы его залежей, отчего конфигурация кровли также может быть сложной.

Линзовые размеры линз колеблются от 0,4 до 1 км; долинные залежи тихвинского типа и некоторые вытянутые по форме залежи месторождений СССР достигают в длину 4 км при ширине от 50 до 200—400 м.

Тектоника известных месторождений этого типа несложная.

III группа. Небольшие линзовидные залежи, приуроченные к песчано-глинистым осадкам континентальных бассейнов. Конфигурация линз в плане сложная, в общем округлая, но нередко вытянутая.

Мощность рудных линз вследствие неровностей почвы и особенно кровли непостоянна и изменяется в широких пределах от 1—2 до 10—15 м. Горизонтальные размеры линз различные: от 70—100 до 300—400 м, и, соответственно, площади — от 1—2 до 10—12 га.

Рудные линзы залегают одиночно, но иногда составляют группы по две-три и больше, приуроченные к единому стратиграфическому горизонту. Контуры рудных линз могут определяться выклиниванием или фациальным переходом в некондиционные породы.

Вмещающими являются песчано-глинистые или глинисто-песчаные обломочные породы, залегающие на жестком, часто известняковом фундаменте. В последнем случае на форме залежи и ее гипсометрии могут отражаться карстопроявления — прогибы и проседания рудных линз, местные раздувы мощностью до 20—30 м.

Структурно в разрезе рудное тело представляет собой чередование бокситов разных литологических типов и разного химического состава и сортности с наличием безрудных или некондиционных по сортности прослоев и участков; последние представляют собой невыдержанные по протяженности линзы и в отдельных случаях гнезда в рудном теле. Контакт с породами кровли большей частью резкий, устанавливается макроскопически, с породами почвы — часто постепенный, вследствие чего контуры кондиционных руд фиксируются по данным опробования.

По разным направлениям в плоскости слоистости отдельные пачки, составляющие рудное тело, выдерживаются по сортности не больше чем на 10—25 м, вследствие чего при практически доступных разведочных сетках увязка отдельных сортов боксита, составляющих рудное тело, возможна только в отдельных случаях. Однако в общем среднем составе рудное тело выдерживается как кондиционная руда на всей площади линзы, внутри которой возможны «окна». В каменистых разностях бокситов нередко развита трещиноватость, причем трещинные выполнения представлены глинисто-бокситовым материалом разного состава.

Месторождения данной группы ни генетически, ни по форме рудных тел, ни по характеру руд и взаимоотношению с вмещающими породами не отличаются от месторождений II группы, с которыми они могли бы быть объединены. Однако в связи с малыми размерами линз разведку приходится вести по значительно более густой сети разведочных выработок.

Примерами подобных месторождений могут служить более мелкие бокситовые залежи, встречающиеся в районах, названных для месторождений II группы.

IV группа. Линзообразные и гнездообразные бокситовые тела небольшие по площадным размерам, но значительной мощности, приуроченные к углублениям древнего карста. Форма и размеры рудных тел в основном определяются формой и размерами карстовых углублений, в которых они залегают. Большею частью залежи имеют сложную, но в общем линзовидную форму. Площадные размеры залежей, представляющих практический интерес, могут быть от одной до нескольких тысяч квадратных метров; мощности сильно варьируют на коротких расстояниях и нередко достигают десятков метров. Кровлю бокситовых залежей обычно слагают песчано-глинистые образования, почву — карбонатные породы. Месторождения характеризуются в общем невысоким качеством боксита при пестром его составе и наличии в бокситовом теле включений некондиционных пород линзообразной и неправильной формы. Примерами могут служить месторождения Енисейского кряжа, Вагановское месторождение в Западной Сибири, Талдык-Ащесайское месторождение в Мугуджарах.

Близкими к описанному типу месторождений являются участки месторождений I группы, залегающие у дневной поверхности. На горизонтах выше уровня грунтовых вод наклонные залежи, характерные для I группы, вследствие выщелачивания грунтовыми водами подстилающих известняков и проседания бокситов, образуют горизонтальную часть бокситовой залежи, измененную процессами поверхностного выветривания; последняя залегает на крайне сложной закарстованной поверхности известняков и перекрывается глинисто-песчанистыми отложениями. Сложная конфигурация оруденения на подобных участках, наличие вторичных изменений и глинистых примесей, связанная с этим пестротой состава руд и сложность их распределения обуславливают трудность разведки, приближая в этом отношении подобные залежи к месторождениям IV группы.

Указанное распределение месторождений на группы охватывает только месторождения, представляющие промышленный интерес, и дается как классификация прикладного значения.

Система расположения разведочных выработок при геологическом изучении бокситовых месторождений всех вышеохарактеризованных групп выбирается с учетом элементов залегания бокситовой толщи, вероятного направления наибольших изменений мощности рудных тел и состава бокситов. Горизонтально либо полого залегающие пластовые и линзовидные тела II, III и IV групп разведуются по квадратной или другой равномерной сети. Бокситовые тела вытянутой формы, например долинно-балочные залежи Тихвинского района, разведуются линиями выработок, ориентированными вкрест протяженности бокситовых залежей. При разведке месторождений I группы, приуроченных к моноклинально падающим и складчатым толщам, буровые скважины располагаются по линиям, ориентированным вкрест простирания структуры.

Во всех случаях целесообразное расположение разведочных выработок должно определяться для каждого месторождения применительно

к его геологическим особенностям и с учетом возможного метода подсчета запасов. Следует отдавать предпочтение расположению разведочных выработок по геометрически правильной сети, так как расположение выработок по прямым линиям обеспечивает более правильные построения геологических разрезов, повышает их точность и облегчает подсчет запасов.

Плотность разведочной сети, требуемая для обоснования запасов каждой категории, зависит от площадных размеров рудной залежи, сложности ее формы, выдержанности мощности залежи и степени устойчивости состава бокситовых пород. Хорошую ориентировку, в этом отношении, дает инструкция ГКЗ, в которой проводятся следующие предельные расстояния между выработками, требуемые для обоснования запасов категорий А<sub>2</sub>, В и С<sub>1</sub> для разных групп бокситовых месторождений (табл. 69).

Таблица 69  
Расстояния между выработками при разведке бокситов

Группы месторождений	Предельные расстояния между выработками (в плоскости рудного тела), м		
	категория А <sub>2</sub>	категория В	категория С <sub>1</sub>
I. Крупные пластообразные залежи большой протяженности с относительно выдержанным качеством боксита, залегающие среди известняков	75	100	200
II. Крупные линзовидные залежи значительной мощности и протяженности, приуроченные к песчано-глинистым осадкам и коре выветривания	50	75	150
III. Небольшие линзовидные залежи, приуроченные к песчано-глинистым осадкам и коре выветривания	25	50	100
IV. Линзообразные и гисалообразные тела небольшие по площадным размерам, но значительной мощности, приуроченные к углублениям древнего карста	—	25	50

Указанные в таблице предельные расстояния между разведочными выработками относятся к наиболее выдержанным по качеству руд и непрерывности оруденения месторождениям и участкам месторождений соответствующих групп; на менее выдержанных и тектонически сильно нарушенных или метаморфизованных месторождениях и участках, на площадях с наличием безрудных «окон» и в местах выклинивания рудных тел количество разведочных выработок удваивается.

Для вытянутых залежей I, II и III групп, разведываемых линиями выработок, расстояния между выработками на линиях сокращаются по сравнению с указанными в 1,5—2 раза, а между линиями соответственно увеличиваются. Так, например, наиболее крупные и выдержанные по строению и качеству руд «долинные» залежи Тихвинского района (Синенская, Могатинская, Веселецкая и т. п.) могут быть квалифицированы по категории А<sub>2</sub> при сетке 25 × 100 м. Наиболее выдержанные участки североуральских месторождений могут быть квалифицированы по категории А<sub>2</sub> при сетке 50 × 100 м и т. д.

Залежи III группы по категории А<sub>2</sub> разведываются обычно лишь в процессе эксплуатации.

Следует еще раз подчеркнуть, что указанные в инструкции ГКЗ расстояния между выработками для каждой из категории запасов представ-

дляют лишь некоторое обобщение и усреднение данных опыта, вследствие чего должны рассматриваться как ориентировочные. Практически при классификации запасов каждой залежи и отдельного блока следует руководствоваться прежде всего геологической обоснованностью воспроизведенных границ рудного тела или блока, достоверностью геологических интерпретаций и надежностью фактических данных, положенных в основу подсчета, а не формальными сопоставлениями с какими-либо инструкциями. Указанные в инструкции ГКЗ расстояния между горни запасов и должны проверяться и уточняться применительно к условиям каждого месторождения; их следует изменить при наличии геологических данных, показывающих необходимость такого изменения, например сравнения результатов разведки и эксплуатации аналогичных месторождений или сравнения данных разведки по различной сети выработок.

### Требования промышленности к разведанности и изученности качества сырья

Степень разведанности бокситовых месторождений, которая должна быть достигнута для передачи их в промышленное освоение, определена Положением о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения. В этом Положении установлено следующее соотношение балансовых запасов категорий  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$ , необходимое для обоснования проектирования и капиталовложений в строительство горнорудных предприятий на базе бокситовых месторождений (табл. 70).

Таблица 70

Соотношение различных категорий запасов, необходимое для проектирования и обоснования капиталовложений на строительство горнорудных предприятий

Группы месторождений	В % от суммарных запасов категории $A_2 + B + C_1$		
	$A_2 + B$ , не менее	в том числе $A_2$	$C_1$
а) Месторождения бокситов, представленные крупными выдержанными по мощности пластообразными залежами с относительно устойчивым качественным составом, а также и менее значительные месторождения, неглубоко залегающие от поверхности (I и II группы месторождений) . . . . .	50	10	50
б) Месторождения бокситов, представленные линзами и неправильной формы залежами, невыдержанными по мощности, изменчивым качественным составом (III и IV группы месторождений) . . . . .	30	—	70

Для месторождений очень крупных размеров и представленных залежами, уходящими на значительную глубину, указанное соотношение категорий балансовых запасов бокситов относится к разведанному участку месторождения или к его верхним горизонтам, запасы которых обеспечивают горнорудное предприятие на проектируемый срок его действия. В этих случаях наряду с детальной разведкой основного участка должны быть определены общие контуры месторождения и общие перспективные запасы по категории  $C_2$ .

При разведке бокситовых месторождений в новых районах производится необходимый минимум геологических исследований, обеспечивающих получение предварительных данных о наличии в районе разведанного месторождения технологических известняков и местных строительных материалов, а также для решения вопроса о водоснабжении предприятия питьевой и технической водой.

Во всех случаях промышленные организации требуют, чтобы одновременно с оценкой количества запасов была дана достаточно полная и достоверная характеристика промышленной сортности и технологических свойств руд. Последние также связаны с их минеральным составом. По составу важнейших глиноземсодержащих минералов различаются следующие типы бокситовых руд: а) монокристаллы — бемитовые, бемит-диаспоровые, диаспоровые; б) тригидратные — гидраргиллитовые (гиббситовые) и в) смешанные — гидраргиллит-бемитовые, бемит-гидраргиллитовые, реже диаспор-бемит-гидраргиллитовые. В зависимости от состава и количества остальных минеральных составляющих устанавливаются и другие типы руд, выделение которых имеет практический смысл, например каолинитовые, пиритизированные, бедножелезистые, карбонатизированные и т. д.

Единой минералогической или литологической классификации бокситов, совпадающей с рациональным подразделением на промышленные сорта, еще не разработано. Существующая в настоящее время промышленная классификация бокситовых руд (маркировка по ГОСТ 972—50) построена на основании их химического состава, содержания полезной составляющей (глинозема) и величины, так называемого кремневого модуля, выражающего весовое соотношение глинозема и наиболее вредной составляющей кремнекислоты (табл. 71).

Таблица 71

Промышленные сорта бокситов

Марка боксита	Качественный состав		Примерное назначение
	содержание $Al_2O_3$ (в пересчете на сухое вещество) в %	весовое отношение $Al_2O_3 : SiO_2$	
БВ	Не менее 52	Не менее 12,0	Производство электрокорунда
Б-0	• • 52	• • 10,0	Производство глинозема, электрокорунда и глиноземистого цемента
Б-1	• • 49	• • 9,0	
Б-2	• • 46	• • 7,0	Производство глинозема, плавящихся огнеупоров и глиноземистых цементов
Б-4	• • 42	• • 3,5	Производство глинозема и огнеупоров
Б-5	• • 40	• • 2,6	
Б-6	• • 37	• • 2,1	Производство огнеупоров, мартецовское производство
Б-7	• • 30	• • 5,6	Производство глинозема и глиноземистого цемента
Б-8	• • 28	• • 4,0	Производство глинозема

Примечания. 1. Для боксита, марок Б-1, Б-2, Б-7, и Б-8, предназначенного для производства глинозема, устанавливаются содержания серы не более 0,7%, для боксита марки Б-3, Б-4 и Б-5 — не более 1%.  
 2. Боксит марок Б-1, Б-2, Б-7 и Б-8 выпускается, в зависимости от содержания углекислоты, двух сортов: первый сорт — с содержанием углекислоты до 1,3%, второй сорт — с содержанием углекислоты выше 1,3% от веса сухого боксита.  
 3. В боксите, предназначенном для производства глинозема (способом спекания марок Б-3, Б-4 и Б-5), допускается пониженное содержание окиси алюминия за счет увеличения содержания углекислого кальция.  
 4. В боксите, марок Б-В и Б-0, предназначенном для производства электрокорунда, устанавливается содержание окиси кальция не более 0,1%, для боксита марки Б-1 — не более 0,6%; содержание серы не более 0,3%.  
 5. В боксите, предназначенном для мартецовского производства, содержание серы не должно превышать 0,2%, содержание фосфора 0,6% в расчете  $P_2O_5$ .  
 6. В боксите, предназначенном для производства плавящихся огнеупоров, содержание окиси кальция не должно превышать 1,6%, содержание серы 0,5%.  
 7. В боксите, предназначенном для производства глиноземистого цемента, содержание серы не должно превышать 0,6%.

Практически при выделении типов руд на отдельных месторождениях приходится учитывать не только химический состав, но и литологическую характеристику руд, совпадающую с разного рода внешними признаками; например, разделяют бокситы по связанности частиц на каменные и т. п., по структуре — на красные, серые, зеленоватые, белые и т. п., по структуре — на бобовые, яшмовидные, брекчиевидные и т. д. Такое подразделение бокситов на литологические типы тоже представляет интерес, так как технологические свойства нередко находятся в прямой связи с литологической характеристикой.

В итоге геологу, производящему подсчет запасов, обычно предъявляется весьма дробное и сложное подразделение бокситов на природные типы и промышленные сорта или марки с требованиями подсчитать отдельно запасы бокситов каждого типа и сорта. Выполнение всех подобных требований обычно находится за пределами той возможности, которую представляет фактический материал разведки; однако нередко соответствующие подсчеты все же выполняются и результаты их некритично принимаются за достоверные. Необходимо рекомендовать геологам во всех случаях, когда требования проектирующей и промышленной организаций в отношении раздельного определения запасов руд различных типов и сортов не могут быть полноценно выполнены, изыскивать совместно с ними варианты упрощения этих требований. Так например, вместо выделения предусмотренных ГОСТ многочисленных марок бокситов иногда достаточно выделить лишь две группы их: пригодные для переработки по гидрохимическому способу и пригодные для переработки только по способу спекания или по комбинированному способу. Опыт показывает, что в большинстве случаев вполне достаточное и приемлемое для проектирующей и промышленной организаций подразделение бокситов на промышленные сорта может предусматривать выделение лишь 3—4 максимум 5—6 марок или разновидностей бокситов, запасы которых должны быть подсчитаны отдельно.

### Классификация запасов и условия отнесения их к категориям

Для оценки степени изученности бокситовых месторождений используются все пять категорий, предусмотренных классификацией запасов твердых полезных ископаемых. Согласно классификации разработка проектов и выделение капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий производятся на основании балансовых запасов категорий  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$  в указанных выше соотношениях. Назначение каждой отдельной категории для бокситовых месторождений сформулировано в упомянутой инструкции ГКЗ.

Запасы категории  $A_1$  подсчитываются геологомаркшейдерской службой на эксплуатируемых месторождениях I и II групп и служат обоснованием для текущего планирования эксплуатационных работ. В месторождениях IV группы, а в некоторых случаях и III группы из-за сложной формы рудных тел и пестрого распределения бокситов по сортности запасы категории  $A_1$  обычно не выявляются.

Запасы категорий  $A_2$  и  $B$  выявляются в результате детальной разведки и служат обоснованием для проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий, а на действующих рудниках — для планирования эксплуатационных работ.

Запасы категории  $C_1$  используются в качестве обоснования для проектирования и проведения детальных геологоразведочных работ, а совместно с запасами категорий  $B$  и  $A_2$  в установленных соотношениях — для проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий.

Запасы категории  $C_2$  являются обоснованием для планирования геологоразведочных работ, а также учитываются при определении перспектив развития предприятий алюминиевой или другой промышленности, использующей бокситы.

Установлены следующие условия и признаки для отнесения запасов к категориям.

Категория  $A_1$  выделяется в блоках и участках эксплуатируемых месторождений, оконтуренных горными выработками и подготовленными к выемке; на участках открытой разработки запасы категории  $A_1$  могут быть подсчитаны в объеме, примыкающем к карьере и ограниченном с одной стороны опробованным забоем карьера, с другой — линией опробованных выработок эксплуатационной разведки, пройденных на расстояниях от карьера и друг от друга, не превышающих половины расстояний, принятых для категории  $A_2$  (см. табл. 69).

Запасы категории  $A_1$  геометризуются на планах и разрезах в масштабе, соответствующем масштабу маркшейдерской основы, используемой при ведении эксплуатационных работ.

Для отнесения запасов к категории  $A_1$  необходимо также соблюдение условий, перечисленных ниже для категории  $A_2$  в отношении качественной характеристики полезного ископаемого, изученности его технологических свойств и горнотехнических условий разработки месторождения.

Категория  $A_2$  может быть присвоена запасам, степень изученности которых соответствует следующим условиям:

а) форма, условия залегания, строение рудных тел, гипсометрия кровли и почвы бокситовых залежей, а также характер контактов с вмещающими породами изучены; вполне выяснена основная тектоника для каждого отдельного участка, установлены расположение и характер всех тектонических нарушений, влияющих на форму залежей и имеющих значение при техническом проектировании и эксплуатации месторождения;

б) установлено с практически нужной точностью среднее качество бокситов в целом для контура запасов категории  $A_2$  и для отдельных блоков, выяснен характер распределения бокситов разных литологических типов и промышленных сортов и установлено их количественное соотношение в каждом блоке;

в) минералогический состав и технологические свойства руд изучены на средних пробах типичных разновидностей боксита в объеме и с детальной степенью, обеспечивающей проектирование схем переработки и технологии использования руд. При наличии опыта использования аналогичных руд других участков или месторождений технологические испытания можно не производить. Однако в этом случае аналогия разведанных руд с эксплуатируемыми должна быть доказана тщательным лабораторным изучением химического и минералогического состава тех и других, а в случаях, когда сравниваемые месторождения принадлежат к различным генетическим комплексам или территориально сильно разобщены, — также и лабораторным изучением технологических свойств;

г) гидрогеологические условия месторождения и условия его разработки изучены; установлены водоносные горизонты и определены ожидаемые водопритоки (средний и максимальный) в будущие горные выработки, условия питания подземных вод, коэффициент фильтрации и характер депрессионной воронки; изучена природа и свойства вмещающих бокситы пород, а для участков, пригодных для открытой разработки, — также объем и распределение вскрышных пород;

д) запасы подсчитаны в контуре опробованных выработок, пройденных по сети, соответствующей категории  $A_2$ .

Категория В характеризуется следующими условиями:

а) общая форма, условия залегания, строение рудных тел и характер их контактов с вмещающими породами изучены; установлена средняя мощность бокситов для контура запасов категории В в целом и для крупных блоков, по размеру не превышающих площадь типового шахтного поля или карьерной отработки; полностью установлен характер и расположение основных тектонических нарушений, могущих оказать влияние на выбор способа вскрытия и степень разработки месторождения;

б) установлено с практически необходимой точностью среднее качество бокситов в целом для контура категории В и для крупных блоков по размерам не больших, чем площадь типового шахтного поля или карьерной отработки; выяснен характер распределения бокситов разных литологических типов и промышленных сортов и установлено их количественное соотношение;

в) минералогический состав и технологические свойства бокситов изучены в лабораторных условиях на средних пробах типичных его разновидностей в объеме и с детальностью, обеспечивающей выбор схемы его переработки. Технологическое изучение не является обязательным при наличии опыта использования аналогичных руд других участков того же месторождения;

г) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения выяснены достаточно полно; получены данные о гидрогеологическом режиме месторождения, ориентировочно определены ожидаемые водопритоки в будущие горные выработки; выяснена природа и свойства вмещающих бокситы пород, а для участков, пригодных для открытой разработки, — также объем вскрышных пород;

д) запасы подсчитаны в контуре опробованных выработок, пройденных по сети, соответствующей категории В.

Категория  $C_1$  присваивается запасам, удовлетворяющим по своей изученности следующим условиям:

а) общая геологическая структура месторождения (участка), площадные размеры, средняя мощность, форма, элементы залегания рудного тела, химический и минеральный состав руд могут быть определены по данным редкой сети разведочных выработок и естественных обнажений, а также детальной геологической съемки в масштабе не меньше 1 : 10 000 (для месторождений III и IV групп — не меньше 1 : 5000); технологические свойства изучены по единичным пробам или принимаются по аналогии с данными по смежным более изученным участкам;

б) гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения оценены на основании общих данных о геологическом строении месторождения или по аналогии с геологически сходными более изученными участками;

в) запасы оконтурены по данным разведочных выработок, пройденных на расстояниях друг от друга в соответствии с плотностью сети, принятой для категории  $C_1$ .

К категории  $C_1$  могут быть отнесены запасы блоков, прилегающих к запасам категорий  $A_2$  и В, при условии, что экстраполяция геологически обоснована и не превышает половины расстояний между выработками, установленных для категории В, а также и более детально разведанные запасы, если не соблюдены все условия, необходимые для отнесения их к категориям  $A_2$  и В.

Категория  $C_2$  присваивается запасам, примыкающим к участкам месторождений, разведанным по категориям  $A_2$ , В и  $C_1$ , а также запасам, предполагаемым по геологическим и геофизическим данным, подтвержденным опробованием боксита в отдельных скважинах и горных выработках.

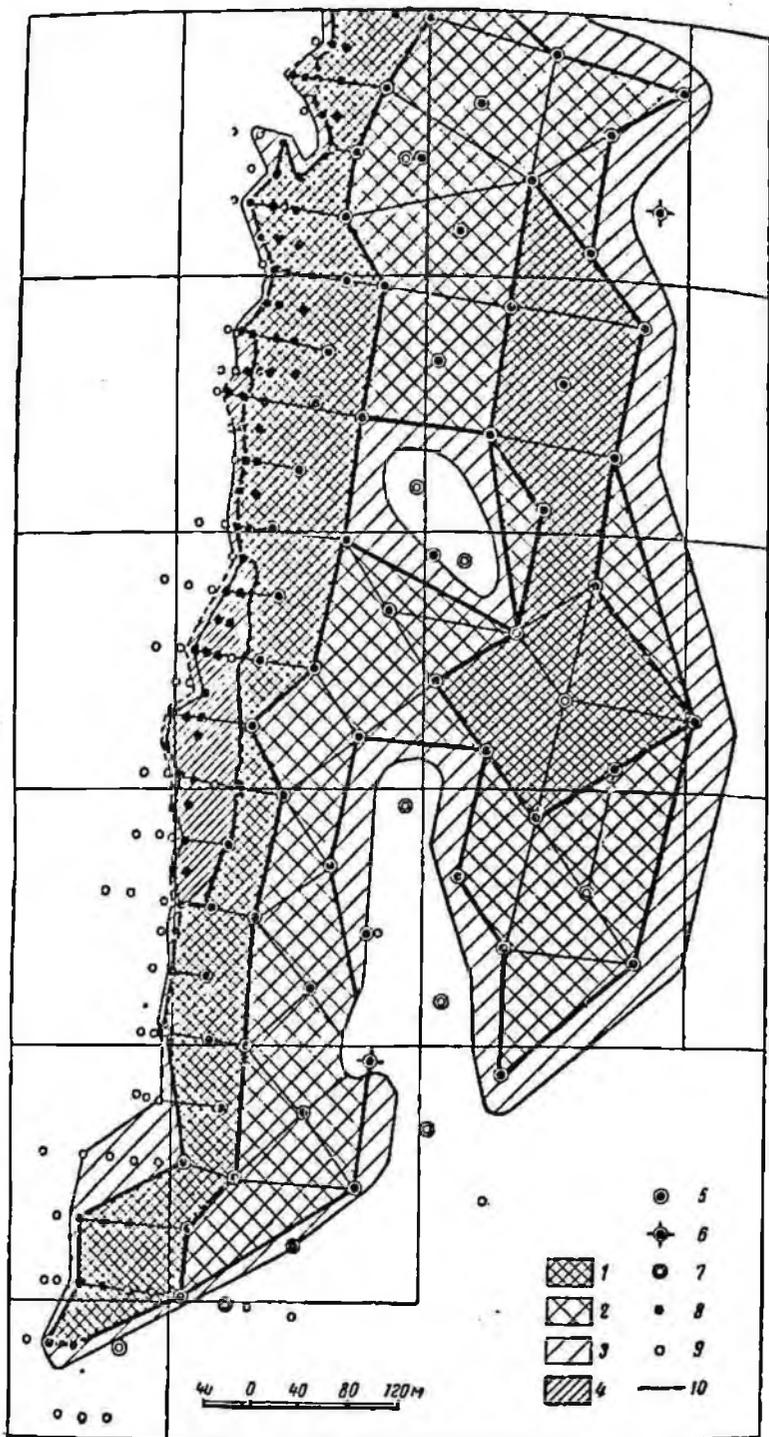


Рис. 282. Схема классификации запасов участка месторождения бокситов (по И. А. Любимову)

1 — площадь запасов кат. А; 2 — площадь запасов кат. В; 3 — площадь запасов кат. С; 4 — площади, запасы которых полностью или в большей своей части выработаны; 5 — скважины, пересечение руду промышленной мощности; 6 — скважины, пересечение руду непромышленной мощности; 7 — скважины, пересечение безрудный контакт; 8 — шурфы, пересечение руду промышленной мощности; 9 — шурфы, пересечение руду непромышленной мощности или безрудные; 10 — контуры подсчетных блоков

На месторождениях, где разведаны запасы категорий  $A_2$ , В или  $C_1$ , запасы категории  $C_2$  оконтуриваются путем широкой геологически обоснованной экстраполяции за пределы разведанных запасов; качество боксита при этом принимается по аналогии с качеством боксита на разведанной площади.

### Примеры применения классификации запасов к месторождениям бокситов

Для иллюстрации практического применения изложенных условий к классификации запасов бокситовых месторождений на рис. 282 показана блокировка запасов категорий  $A_2$ , В и  $C_1$  по участку крупного бокситового месторождения, относящегося к I группе.

Бокситоносные породы, приуроченные к западному крылу крупной синклинали структуры, залегают с наклоном на восток под углом  $25-35^\circ$ . Рудный горизонт, как это видно на разрезе (рис. 283), с угловым и азимутальным несогласием залегают на размытой и закарстованной поверхности раскристаллизованных белых и розовых известняков

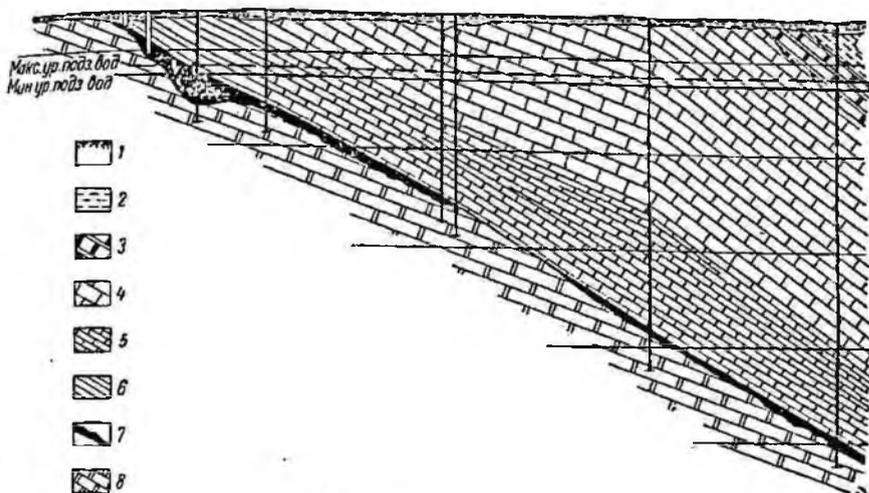


Рис. 283. Геологический разрез участка месторождения бокситов, схема классификации запасов которого изображена на рис. 282 (по И. А. Любимову)

1 — растительный слой; 2 — глины буро-желтые; 3 — известняки плитняковые с прослоями песчаников; 4 — известняки светло-серые, белые и розовые; 5 — известняки темно-серые амфиболовые; 6 — глинистые сланцы; 7 — бокситы; 8 — известняки светло-серые, розовые, сахаровидные

и перекрывается амфиболовыми битуминозными известняками, которые местами фациально замещаются глинистыми сланцами. Относительно ровная поверхность рудного горизонта по контакту с перекрывающими породами и весьма неровная сложная граница его с известняками почвы определяют своеобразную морфологию рудных тел, которые при общей пластообразной форме и больших площадных размерах характеризуются резко и на коротких расстояниях изменяющейся мощностью. На большинстве рудных участков мощность варьирует в пределах 2—12 м, в отдельных случаях увеличивается до 30 м, образуя рудные карманы, или уменьшается до полного выклинивания с образованием «безрудных окон». Особенно сложной морфологией и непостоянным невыдержанным качеством боксита характеризуются верхние горизонты месторождения, расположенные выше уровня грунтовых вод.

Разведка верхних горизонтов бокситовой залежи проводилась по сетке  $50 \times 20$  м, причем расстояния между разведочными профилями, ориентированными вкrest простиранию рудного тела, принимались в 50 м, а между выработками на профиле — в 20 м. Проведенное в порядке эксперимента сгущение разведочной сети по всей полосе, лежащей к выходу бокситового горизонта на поверхность, при  $25 \times 10$  м, привело к очень небольшому изменению суммы запасов, но к значительному перераспределению их по отдельным блокам.

Вся остальная наибольшая часть рудной залежи, расположенная ниже уровня грунтовых вод, была разведана буровыми скважинами колонкового бурения в соответствии с опытом разведки других участков этого же месторождения по сетке  $100 \times 100$  м.

Разведка по указанной сети показала, что при характерном для месторождения непостоянстве мощности бокситового пласта для разведочных участков отличается от других значительным количеством «безрудных окон» и целых безрудных площадей, простирающихся, как это видно из плана подсчета запасов, преимущественно в меридиональном направлении. Эти «окна» и безрудные площади не могли быть уловлены и достаточно точно околонтурены по 100-метровой сети; поэтому для выделения запасов категории  $A_2$  была рекомендована проходка дополнительных скважин в центре квадратов, где можно ожидать наличия этих «окон».

Последующее сгущение сети подтвердило правильность этой рекомендации. При утверждении запасов по категории  $A_2$  были квалифицированы запасы только в тех блоках, для которых средняя мощность при подсчете по пяти скважинам отличается от ранее подсчитанной по четырем скважинам не более чем на 15%. В блоках, не отвечающих этому условию, запасы были переведены в категорию В. Внешний контур запасов категории  $C_1$  был определен путем экстраполяции на 35—50 м от выработок, пересекающих кондиционный боксит с промышленной мощностью.

### 3. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ РУД ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

Условия классификации запасов месторождений черных металлов определены в соответствующих инструкциях, утвержденных Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям железных руд была разработана методическим отделом этой Комиссии с привлечением большого количества специалистов по разведке и геологической оценке месторождений железных руд — М. Л. Скобникова, Г. А. Брауна, И. С. Бурдюгова, И. А. Любимова, А. Н. Родионова, З. В. Рупасовой, Д. И. Покровского, П. М. Постнова, Д. В. Шифрина и А. Я. Яковлева. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям марганцевых руд разработана А. Г. Бетехтиным. Аналогичная инструкция применительно к месторождениям хромитов составлена П. М. Татарниновым.

Ниже излагаются в обобщенном виде основные положения классификации запасов месторождений черных металлов.

#### Общие требования к геологической изученности и методике разведки месторождений

Необходимым условием для правильного определения запасов месторождения черных металлов является достаточно полное выяснение формы рудных тел, а также основных закономерностей в распределении

руд и содержащихся в них полезных и вредных компонентов. Указанные особенности месторождения тесно связаны с геологическими условиями комплексов, к которым оно приурочено, и в значительной мере ими определяются.

Поэтому общее геологическое изучение месторождения и прилегающего к нему района — его стратиграфии и тектоники, петрографии и литологии слагающих его толщ, а также истории геологического развития и генезиса — является важнейшей задачей геолога на всех стадиях разведки месторождения.

Основой для выбора участка разведки и проектирования разведочных работ является геологическая, а в соответствующих случаях и геофизическая карта масштаба 1:50 000, 1:25 000 или 1:10 000. Главными задачами при составлении геологических карт указанного масштаба является изучение геологической структуры района — стратиграфии и литологии или петрографии вмещающих пород, складчатых и разрывных нарушений, особенно в местах прослеживания рудного горизонта. Для месторождений, связанных с осадочными толщами, важно выяснение фациальных изменений как в рудоносных горизонтах, так и во вмещающих их свитах с целью установления палеогеографических условий осадконакопления; в районах проявления метаморфизма следует изучить степень изменения вмещающих толщ и рудоносных осадков. Для районов хромитовых месторождений необходимо детальное расчленение горных пород, слагающих картируемую часть массива гипербазитов, оконтуривание хромитоносных зон с изучением послерудной тектоники, а также прослеживание и изучение пород жильной свиты.

Геологическое картирование сопровождается грави- и магнитометрической съемками, если разность плотностей руд и вмещающих пород не менее 0,5 или руды отличаются повышенной магнитностью. Интерпретация данных геофизических и геологических съемок позволяет решить вопросы о возможном распространении руд по простиранию и на глубину, о наличии тектонических нарушений, о мощности наносов и т. д.

В результате такого изучения должны быть выяснены генетический тип и общий масштаб месторождения и получены все необходимые данные о выделении наиболее перспективных площадей для детальной разведки.

По участкам детальной разведки в процессе производства геолого-разведочных работ составляется более детальная геологическая карта масштаба 1:5000—1:2000, а для хромитовых месторождений, относительно небольших по размеру, — 1:1000—1:500. Геологические карты указанных масштабов, составленные с учетом данных геофизической съемки, являются главнейшим основанием для проектирования разведочных работ и корректирования проекта разведки в процессе его осуществления; в свою очередь данные разведки используются для корректирования и уточнения геологической карты.

Для наиболее экономичного и целесообразного выполнения практических задач разведки последняя производится в определенной последовательности. Когда в процессе геологической съемки масштаба 1:10 000 и крупнее определены границы распространения рудовмещающих и других возможно рудоносных пород, приступают к детальной геофизической съемке рудного поля в масштабе не меньше 1:10 000. В зависимости от физических свойств руд и окружающих пустых пород, от размеров и глубины залегания рудных тел и т. п. производят магнитную, гравитационную или сейсмическую разведку. Иногда удается более четко оконтурить аномальные поля на карте, если комбинировать несколько методов геофизических работ (магнитометрию и гравиме-

рию, сейсмическую съемку с параллельным определением мощности рыхлых отложений вертикальным электрическим зондированием (и др.). Когда выявлены и предварительно интерпретированы геофизические аномалии, приступают к проходке наземных горных выработок, которыми сначала вскрывают эпицентры предположительно рудных аномалий, а потом прослеживают и оконтуривают весь выход рудной зоны под наносами. Если месторождение покрыто мощной (свыше 5 м) и сильно обводненной толщей рыхлых отложений, вместо проходки горных выработок бурят мелкие скважины и опробуют верхнюю зону месторождения по керну.

При детальной разведке необходимо выяснить все практически важные особенности морфологии и строения рудных тел с воспроизведением их как в вертикальных разрезах, так и на горизонтальных проекциях или погоризонтных планах; должно быть отражено распределение в пространстве руд различных природных типов и промышленных сортов или, по крайней мере, выяснены общие закономерности этого распределения. При разведке хромитовых месторождений изучается также полосчатость в рудах и породах, послерудные нарушения, зоны смятия и брекчированные участки; изучение первичной полосчатости в рудном теле и во вмещающих породах в целом ряде случаев позволяет со значительно большей уверенностью решать вопрос о характере контактов рудных тел с вмещающими породами.

Разведка всех генетических и морфологических типов руд черных металлов производится главным образом колонковым бурением и в значительно меньшей степени — проходкой горных выработок. Применение горных выработок (дудки, канавы, шурфы, неглубокие шахты с расчехками, штольни и др.) целесообразно для оконтуривания выходов рудных тел на поверхность (под наносы), для разведки валунчатых руд и россыпных, а также гнездовых месторождений, характеризующихся крайне неустойчивыми мощностью и качеством руды.

На всех месторождениях горные выработки необходимы также для изучения внутреннего строения рудных тел, отбора технологических проб, определения объемного веса руд и контроля данных буровой разведки.

Разведочные выработки должны пересекать полную мощность рудного тела, рудной зоны и оруденелых пород с целью точного установления характера оруденения и размеров отдельных рудных тел. Необходимым условием для точного воспроизведения на планах и разрезах морфологии рудных тел являются также систематические замеры искривлений скважин при глубине их свыше 200 м; в случаях подсечения рудного тела под острым углом и для наклонных скважин замеры искривлений (зенитных и азимутальных) производятся, начиная с глубины 50 м.

Контуры рудных тел, а, следовательно, и запасы месторождения очень часто определяются по данным опробования. Поэтому рудные тела должны быть опробованы по всем разведочным выработкам раздельно по природным типам на всю мощность поинтервально (секционно). Величина интервалов опробования зависит от изменчивости качества руд, но не должна быть меньше 0,5 м (исходя из возможного минимума промышленной мощности). Опробуя мощные толщи макроскопически однородных руд, интервалы опробования укрупняют при условии, если качество руды оказывается выдержанным или устанавливается такая перемежаемость сортов и типов, при которой исключается возможность их селективной выемки; однако укрупнение интервалов опробования свыше 5 м не рекомендуется. Раздельное опробование по природным типам руд может не производиться, если технологические испытания руд различных природных типов покажут их идентичность

но обогатимости или если условия использования и промышленные кондиции не требуют отдельного опробования.

Отбор проб из горных выработок большей частью производится бороздами сечением от  $5 \times 10$  до  $10 \times 20$  см, однако для руд весьма однородного состава и строения, например массивных хромитовых, допускают уменьшенные сечения борозд  $3 \times 5$  и  $3 \times 10$  см. Марганцевые руды, представленные рассеянными конкрециями или желваками, а также всякого рода валунчатые руды, развалы и россыпи опробуются задпрковым или валовым способом; целесообразная методика опробования в таких случаях устанавливается экспериментально, для чего несколько забоев или стенок горных выработок подвергают опробованию разными способами и сравнивают результаты с данными валовых проб, отобранных в тех же пунктах.

Пробы от керн буровых скважин отбираются раскалыванием его вдоль оси. Опыт показывает, что достаточно надежные результаты опробования вполне обеспечиваются при выходе порядка 70% и выше.

Обработку и сокращение проб производят по схемам, отвечающим формуле  $Q = Kd^2$  при величине коэффициента  $K$ , который определяется экспериментально или принимается по данным опыта для железных и марганцевых руд в пределах 0,1—0,2, для хромитовых руд 0,2—0,3.

Все секционные пробы железных руд, как правило, анализируются на содержание общего железа, а руды, требующие обогащения (например, амфиболо-магнетитовые сланцы и амфиболо-магнетитовые роговики Кривого Рога), — на содержание растворимого железа в случаях, когда это обусловлено кондициями. Пробы, отобранные из выработок, пройденных для установления границ окисленных и первичных магнетитовых или сидеритовых руд, анализируются на содержание железа закисного ( $FeO$ ) и окисного ( $Fe_2O_3$ ).

Для марганцевых руд химический анализ всех рядовых проб обычно производится на  $Mn$ ,  $Fe$ ,  $SiO_2$ ,  $P$ , а для известковистых руд также на  $CaO$ . Содержание фосфора рекомендуется проверять в межрудных пустых прослоях. Если содержание фосфора в рудах значительно ниже установленных лимитов, то определение его достаточно производить лишь в групповых пробах. Секционные пробы хромитовых руд анализируются на  $Cr_2O_3$ , а при изменчивом содержании  $FeO$ ,  $CaO$  и  $SiO_2$  также и на эти компоненты.

Полные рациональные анализы руд черных металлов с отдельным определением содержания окисного и закисного железа, сульфидной и сульфатной серы и т. д., а также с определением содержания шлакообразующих и других компонентов вещественного состава руд целесообразно производить по объединенным (групповым) пробам, составленным из секционных, и по типам и сортам руд для каждого геологического блока. Вредные легирующие, а равно и полезные компоненты, извлекаемые попутно при обогащении во всех секционных пробах, определяются лишь в случае, если они присутствуют в количествах, влияющих на качественную характеристику и ценность руд. Вопрос о количестве элементов, определяемых при полном химическом анализе объединенных проб руд черных металлов, должен решаться в каждом отдельном случае с учетом результатов спектральных анализов.

Для квалификации запасов по категориям  $A_2$  и  $B$  требуется технологическое изучение руд. Последнее обязательно в том случае, если руды в природном виде не отвечают промышленным кондициям и нуждаются в подготовке и обогащении. Технологические испытания производятся по представительным пробам, отобранным от тех типов и сортов руд, для которых возможна и целесообразна селективная добыча, или же (если селективная добыча невозможна или нецелесообразна) по средним пробам, отражающим тот состав руд, который

практически будет получаться при эксплуатации. Объем, методика и программа технологического опробования и испытаний определяются по согласованию с организацией, производящей испытание с таким расчетом, чтобы в результате их были получены все необходимые данные для проектирования промышленной схемы обогащения и подготовки руд.

Для оценки обогатимости руд большое значение имеет предварительное изучение их минерального состава и структурно-текстурных особенностей. Так, например, минералогическое изучение железистых осадков или железистых скарнов может дать материал для выяснения количества железа, связанного с минералами силикатов (гранат, пироксен, эпидот, хлорит и др.), уходящими в «хвосты», выяснить, с какими минералами связана сера — с сульфидами (пирит и др.) или с сульфатами (гипс, барит и др.). Детальное петрографическое изучение необходимо и для руд с запасами, квалифицируемыми по категории  $C_1$ , так как на основании этого изучения можно во многих случаях дать предварительное заключение об обогатимости руд. Так, например, конкреционные окисные и карбонатные марганцевые руды с рыхлым песчаным или глинистым цементом могут быть признаны легко обогатимыми, конгломератовые руды с плотным браунитовым цементом (типа Джездинского месторождения) могут быть отнесены к обогатимым при условии предварительного дробления и т. д.

Для оценки обогатимости руд имеет значение изучение структурных особенностей этих руд: мелкая и тонкая вкрапленность рудных минералов требует для «раскрытия» рудных зерен тонкого дробления; наоборот при неравномерной и крупной вкрапленности промышленные концентраты с достаточно высоким выходом часто получаются уже после крупного и среднего дробления.

Наконец, во всех случаях при детальной разведке руд черных металлов необходимо определение объемного веса и естественной влажности для каждого типа руд, а также оценка крепости и кусковатости руд.

Подсчет запасов категорий  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$  производится с оконтуриванием на планах и разрезах в масштабе  $1 : 2000$ — $1 : 1000$  и при необходимости (например, для небольших по размерам хромитовых залежей) —  $1 : 500$ ; для крупных осадочных месторождений железных и марганцевых руд, имеющих значительные площадные размеры, допустимо применение для подсчета запасов топографической основы  $1 : 5000$  масштаба при условии, что все разведочные выработки и пункты отбора проб точно закоординированы. Запасы категории  $C_2$  могут быть подсчитаны на топографической основе любого масштаба, допускающего их геометризацию.

Запасы категорий  $A_2$  и  $B$  подсчитываются с разделением руд на промышленные сорта в соответствии с требованиями кондиций. Во всех случаях, когда это возможно, отдельно оконтуриваются и учитываются мартеновские и ферромарганцевые руды. При сложном взаимораспределении руд различных промышленных типов и сортов, а также при недостаточности фактических данных для раздельной геометризации руд каждого сорта подсчитываются валовые запасы руд; однако и при таком положении необходимо давать хотя бы ориентировочно в процентном выражении количественную оценку запасов руд в процентном выражении по типам и сортам на основании статистического подсчета с характеристикой общей закономерности их распределения.

Следует заметить, что квалификацию запасов руд по категориям надо производить, исходя из оценки разведанности валовых запасов кондиционных руд, а не каждого отдельного сорта. Например, если известно, что общие запасы промышленных руд в том или другом кон-

туре или блоке квалифицируются по категории  $A_2$ , то и запасы отдельных сортов руд, находящиеся в том же контуре или блоке, также квалифицируются по категории  $A_2$ , даже при условии, если контуры их воспроизведены условно и ориентировочно.

Необходимым условием для выделения запасов по категориям  $A_2$  и В является изученность гидрогеологических условий месторождения в объеме, достаточном для их оценки и определения ожидаемых водопритоков в горные выработки при вскрытии рудных тел и в процессе эксплуатации. Должны быть выяснены также горнотехнические условия разработки, охарактеризованы текстурные особенности и физико-механические свойства руд и вмещающих их горных пород, определяющие устойчивость рудной массы при горных работах, процессах обогащения и транспортировке: крепость руд (твердость, трещиноватость, сопротивление раздавливанию), кусковатость, коэффициент разрыхления и т. п.

#### Требования к системе расположения выработок и плотности разведочной сети

Выбор целесообразной методики разведки месторождений руд черных металлов — системы расположения выработок и расстояний между ними — определяется рядом факторов, важнейшими из которых являются размеры и форма рудных залежей, их внутреннее строение, угол падения, тектоническая нарушенность и выдержанность качества руды. Несмотря на большое разнообразие природных типов месторождений руд черных металлов, их с некоторой условностью можно подразделять на несколько групп, каждая из которых включает месторождения, сходные по факторам, от которых зависит методика разведочных работ. Приведенная ниже группировка месторождений, соответствующая принятой в инструкциях ГКЗ по применению классификации запасов, охватывает только месторождения, представляющие промышленный интерес, и дается как классификация узко прикладного значения для облегчения выбора методики разведки и целесообразной густоты разведочной сети.

I группа. Месторождения железных и марганцевых руд, представленные крупными пластовыми залежами, значительными по мощности и площадному распространению (до нескольких квадратных километров). Характеризуются горизонтальным или слабонаклонным залеганием, отсутствием существенных тектонических нарушений и устойчивой средней мощностью; пропластки пустых пород и некондиционных руд незначительны, либо мощность их допускает раздельную от руды выемку. Вещественный состав руд, вследствие слабой фацциальной изменчивости, колеблется в практически несущественных пределах или подвержен закономерным изменениям, которые достаточно легко обнаруживаются при разведке.

К этой группе относятся осадочные месторождения железных руд, образовавшиеся в морских бассейнах (Керченское, Аятское) и в отложениях водных потоков (Лисаковское), а также марганцевые месторождения морского генезиса (Чиатурское, Никопольское и др.).

II группа. Месторождения железных и титаномагнетитовых руд, представленные крупными залежами пластообразной либо неправильной, но относительно простой изометрической формы, значительной мощности, площадью 0,3—1 км<sup>2</sup> и более. Состав руд непостоянен, однако среднее качество руды по отдельным крупным блокам выдерживается.

Примером месторождений этой группы могут служить Качканарское титаномагнетитовое месторождение, месторождение магнетитовых руд горы Магнитной, залежи типа железистых кварцитов Кривого Рога и КМА.

III группа. Месторождения железных и марганцевых руд, представленные залежами различной формы и тектонически неправильной формы и линзовидными телами, а также пластообразными и нарушенными телами. Площадные размеры отдельных рудных залежей в общем меньше, чем для предыдущей группы. Распределение важнейших компонентов вещественного состава — неравномерное.

Эта группа включает разнообразные по генетическим типам и геологическим условиям месторождения. К ней можно отнести железорудные месторождения: Первоуральское, Кусинское, Пудожгорское, Высокогорское, Абаканское, Таштагольское, Сарбайское, Тейское, Кимканское, Бакальское, Дашкесанское, Рудногорское; пластообразные и крупные неправильной формы залежи руд Кривого Рога; марганцевые месторождения Северного Урала, Мазульское месторождение и другие.

IV группа. Рудные столбы и залежи сложных форм относительно небольшого размера в горизонтальных сечениях, но протяженные на глубину. Сюда относятся столбообразные залежи богатых железных руд Кривого Рога.

V группа. Месторождения железных руд, состоящие из небольших рудных залежей неправильной формы — штокообразных, гнездовых и линзовидных, — а также месторождения хромита, представленные крупными жило- и линзообразными телами протяженностью более 300—400 м, разобщенными тектоническими нарушениями на крупные блоки.

Разобщенность залежей может быть первичной, либо являться следствием эрозии. В данную группу включаются и более крупные по размерам рудные залежи, характеризующиеся резкими колебаниями мощности, вследствие закарстованности подстилающих пород или размыва кровли.

Примеры железорудных месторождений V группы многочисленны: Горношорские (Шальмское, Шерегешское, Темир-Тау), Богословское, Ирбитское; штоковидные и мелкие линзообразные залежи Кривого Рога, Кутимское, Каменско-Синарское, Алапаевские, Липецкие, Тульские, Орско-Халиловское, Омутнинские месторождения и большинство залежей валунчатых руд. Из хромитовых месторождений в данную группу включаются: главное рудное поле Сарановского, наиболее крупные из рудных жил и линз Южнокимперсайского, некоторые жилообразные рудные тела Севернокимперсайского.

VI группа. Хромитовые месторождения, представленные жило- и линзообразными телами средних и небольших размеров. Примеры месторождений: Алапаевское, Аккаргинское, Верблюжегорское, Верхнеуфалейское.

Месторождения I и II групп на всех стадиях разведки, от поисковой до эксплуатационной включительно, рекомендуется разведывать колонковым бурением. Второстепенным видом работ здесь являются мелкие горные выработки, более широко используемые лишь при наличии выходов рудных залежей на поверхность и при горизонтально лежащих рудных пластах, прикрытых маломощной толщей наносов. Для контроля данных буровой разведки достаточно проходить единичные шурфы в количестве 3—5% от количества подконтрольных скважин.

Разведку месторождений III группы также целесообразно вести в основном буровыми скважинами, однако по сравнению с месторождениями II и особенно I групп проходка горных выработок при неглубоком залегании рудных тел здесь приобретает значительно большую роль для выяснения деталей морфологии рудных тел и характера изменчивости руд. Так, например, марганцевые месторождения при наличии мощной зоны окисления рекомендуется прослеживать по падению горными выработками на одном или двух горизонтах шурфами с рассечками из них, либо штольнями, в зависимости от положения уровня грунтовых вод

и рельефа местности. Крайне желательна проходка хотя бы нескольких выработок по рудному телу. Рекомендуется использование различных геофизических методов для разведки и оконтуривания скрытых под наносами выходов рудных тел, что может быть достаточно эффективным, если в рудах в существенных количествах присутствуют магнитные минералы железа. Применительно к марганцевым месторождениям геофизические методы пока еще слабо разработаны, однако в метаморфизованных осадочных месторождениях, в которых пласты марганцевых руд сопровождаются пластами железных руд или ожелезненных пород, магнитометрия может принести значительную пользу для прослеживания рудных горизонтов.

Разведка месторождений IV группы более сложна. Рудные столбы и залежи сложных форм относительно небольшого размера в горизонтальных сечениях, но протяженные на глубину, разведуются на верхних горизонтах (1—2 горизонта) системой подземных горных выработок — штреков и рассечек, а на нижних горизонтах изучаются буровыми скважинами (обычно наклонными).

Линзовидные, штокообразные, гнездовые и жилообразные рудные тела месторождений V группы разведуются комбинацией буровых скважин и горных выработок с преобладанием первых. Однако проходка горных выработок (обычно шурфы и мелкие шахты с рассечками) здесь оказывается необходимой не только для целей контроля скважин и взятия технологических проб, но и для изучения характера морфологии и распределения руд различных типов и сортов. В ряде случаев морфологию рудных тел можно изучать только в результате проходки горизонтальных горных выработок. Однако, несмотря на очевидное преимущество горных выработок по сравнению с буровыми скважинами в смысле полноты и достоверности получаемых геологических данных при разведке месторождений этой группы, применение их все же максимально ограничивается, чтобы удешевить разведку. Практически на железорудных месторождениях типа Тульских и Липецких достаточно ограничиться проходкой горных выработок в объеме 15—20% от общего количества разведочных скважин.

Детальная разведка крупных хромитовых залежей, относящихся к V группе месторождений, с успехом осуществляется колонковым бурением. Детальную разведку залежей хромитовых руд среднего и мелкого масштаба приходится осуществлять комбинацией скважин и горных выработок (шурфов, штреков, кварцшлагов и др.). При разведке хромитовых месторождений бурением весьма важно иметь достаточно большой диаметр скважин (не менее 85 мм) при пересечении рудного тела, особенно, когда оно сложено вкрапленными рудами.

Для сильно тектонически нарушенных залежей VI группы особенно рекомендуется проходка на различных горизонтах разведочных штреков по простиранию рудного тела с целью прослеживания наиболее крупных разрывов и поисков слепых смещенных рудных блоков.

Целесообразное расположение разведочных выработок должно определяться в каждом случае с учетом конкретных структурно-генетических и морфологических особенностей изучаемого месторождения. Главными факторами, которые необходимо учитывать при выборе системы размещения разведочных выработок, являются форма и условия залегания рудных тел, а также направление наибольшей изменчивости мощности и вещественного состава руд. Однако, поскольку выяснение этих факторов становится возможным только после приведения некоторого объема разведочных работ, предварительное геологическое освещение месторождения геологической и геофизической съемками, а также редкой сетью разведочных выработок становится необходимым условием рационального проектирования и проведения детальной разведки.

Не следует начинать детальную разведку месторождения по густой сети выработок, прежде чем по данным геологического изучения и редкой сети выработок не установлены основные геологические закономерности месторождения, обосновывающие выбор участка для детальной разведки и методику ее проведения. Непосредственно при детальной разведке весьма желательно постепенно сгущать разведочную сеть, в той мере, в какой это возможно без существенного ущерба для производительности и организации работ. Если, например, детальную разведку пологозалегающих рудных линз месторождений V группы произведено произвести по сетке  $50 \times 50$  м, то следует сначала пройти выработку по сети  $100 \times 100$  или  $70 \times 70$  м с тем, чтобы затем сгустить ее до  $50 \times 50$  м в контурах рудных тел, воспроизведенных на основании более редкой сети. Такой порядок дает возможность с наибольшей целесообразностью распределить разведочные выработки и свести к минимуму метраж скважин и шурфов за контурами промышленных рудных тел.

Верхние горизонты месторождений должны подвергаться детальной разведке ранее нижних; разведке нижних горизонтов должна предшествовать проходка глубоких структурных скважин.

Расположение разведочных выработок по какой-либо геометрически правильной сети не является обязательным; однако следует отдавать предпочтение именно такому расположению выработок и точек опробования, так как это облегчает обработку данных разведки, упрощает работу по оконтуриванию месторождения и подсчету запасов.

Большинство месторождений в зависимости от формы и элементов залегания рудных тел разведывается квадратной (шахматной) или другой равномерной сетью, либо системой разведочных линий, ориентированных вкрест основному простираению рудных тел и вмещающих толщ. Горизонтально- и пологозалегающие рудные тела более или менее изометричной формы, в которых изменения мощности и качественных показателей руды не подчинены определенным направлениям, удобно разведывать по квадратной сети.

Типичными месторождениями, для разведки которых целесообразно применять квадратную, или вообще равномерную сеть, являются осадочные месторождения всех групп с горизонтальным или пологим залеганием рудного горизонта. Исключением являются сравнительно редкие случаи, когда рудные тела характеризуются удлиненными вытянутыми формами и соответствующими им закономерностями в распределении мощности и основных компонентов состава (например, Лисаковское месторождение). Такие месторождения нужно разведывать серией разведочных линий, ориентированных вкрест направлению вытянутости залежей, причем расстояния между разведочными выработками на линиях принимаются сокращенные по сравнению с расстоянием между линиями.

Разведку тектонически нарушенных месторождений, приуроченных к моноклинальнопадающим и складчатым толщам также следует проводить системой разведочных линий, ориентированных вкрест основному простираению структуры. В общем случае расстояния между выработками должны приниматься наибольшими по тем направлениям, которые соответствуют наибольшей выдержанности мощности рудного тела и качества руды, в направлении наибольших изменений этих показателей расстояния между выработками следует сокращать.

Рациональной считается такая разведочная сеть, которая обеспечивает наиболее полное решение задачи, поставленной перед разведкой, при минимальном объеме разведочных работ и минимальной их стоимости. Таким образом, в общем случае, для разведки должна применяться по возможности наиболее редкая сеть, однако не более редкая,

чем может быть допущено в ущерб детальности разведки, т. е. в ущерб полноте и надежности решения задачи разведочных работ.

Важным условием для определения правильной системы расположения разведочных выработок и расстояний между ними при проектировании разведки является нахождение подходящих аналогий, т. е. подбор сходных месторождений, опыт изучения которых мог бы быть использован в проектируемой разведке. Важно, чтобы аналогии были наиболее близкими именно по тем геологическим особенностям и свойствам, которые влияют на выбор разведочной сети, и чтобы эти аналогии опирались на возможно большее число изученных месторождений, а, следовательно, на наибольший опыт разведки.

Большой опыт рационально проведенных разведочных работ обобщен в этом отношении в инструкциях ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям железных руд (1956 г.), марганцевых руд (1955 г.) и хромитов (1954 г.). Согласно этим инструкциям месторождений вышехарактеризованных групп может быть рекомендована следующая плотность сети при их разведке (см. табл. 72)<sup>1</sup>, обеспечивающая выявление запасов категорий А<sub>2</sub>, В и С<sub>1</sub>.

Таблица 72  
Ориентировочные данные для определения плотности сети при разведке месторождений руд черных металлов

Группа месторождений	Расстояния между выработками (в плоскости рудного тела), м		
	категория А <sub>2</sub>	категория В	категория С <sub>1</sub>
I. Крупные пластовые залежи железных и марганцевых руд, значительные по мощности и площадному распространению . . . . .	150	300	600
II. Крупные залежи железных и титаномагнетитовых руд, пластообразной либо неправильной, но относительно простой изометрической формы площадью 0,3—1 км <sup>2</sup> и более . . . . .	100	300	400
III. Залежи железных и марганцевых руд линзовидной и различной неправильной формы и тектонически нарушенные с неравномерным распределением важнейших компонентов вещественного состава . . . . .	—	100	200
IV. Рудные столбы и залежи сложных форм относительно небольшого размера в горизонтальных сечениях, но протяженные на глубину . . . . .	—	Высота эксплуатационного этажа (50—70 м)	200
V. Небольшого размера залежи железных руд — штокообразные, гнездовые и линзовидные, а также крупные жилы и линзообразные тела хромитовых руд, протяженностью более 300—400 м, разобценные тектоническими нарушениями на крупные блоки	—	50	100
VI. Жилообразные и линзовидные тела хромитовых руд средних и небольших размеров . . . . .	—	25	50

Примечание. Для вытнутых и тектонически нарушенных залежей, разведываемых линиями выработок, указанные в таблице расстояния характеризуют среднюю плотность разведочной сети. Расстояния между выработками на линиях сокращаются по сравнению с указанными, а между линиями соответственно увеличиваются.

<sup>1</sup> Таблица представляет некоторое обобщение данных, приведенных в инструкциях ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям железных руд, марганцевых руд и хромитов.

Указанные в таблице расстояния между разведочными выработками относятся к наиболее выдержанным по качеству руд и мощности рудных тел месторождениям и участкам месторождений соответствующих групп. На менее выдержанных и тектонически сильно соответствующих месторождениях и участках, на площадях с наличием безрудных «оконов» и в местах выклинивания и резкого изменения мощности рудных тел или качества руды разведочная сеть сгущается. В частности, проводятся дополнительные выработки и разведочная сеть сгущается для уточнения местоположения разрывных нарушений, для оконтуривания окисленных (на месторождениях магнетитовых и сидеритовых руд), марганцевых, сульфидных и других типов руд, выделение которых необходимо согласно промышленным кондициям.

Следует особо подчеркнуть, что геолог-разведчик в каждом случае должен творчески подходить к решению весьма ответственного вопроса о выборе разведочной сети и обосновывать этот выбор геологическими условиями месторождения, практическими задачами разведки, требованиями эксплуатации и накопленным опытом работ, а не формальными ссылками на какие-либо инструкции. Существующие инструкции в части выбора плотности разведочной сети дают геологу-разведчику лишь известную ориентировку, основанную на некотором усреднении данных опыта и поэтому указания инструкций должны приниматься не догматически, а критически осмысливаться, развиваться, дополняться или даже пересматриваться по мере развития теории разведки и накопления нового опыта.

Весьма важным также является вопрос о необходимой и достаточной степени изученности месторождения, при достижении которой разведка может быть прекращена.

В целях установления некоторых норм для определения необходимой и достаточной степени разведанности месторождений и для избежания переразведки их в специальном Положении о порядке передачи разведанных месторождений в промышленное освоение установлено, что проектируемые и строящиеся горнорудные предприятия должны обеспечиваться на весь проектируемый срок действия предприятия разведанными в недрах запасами категорий  $A_2 + B + C_1$ ; в то же время установлен определенный минимум запасов, которые должны разведываться по категориям  $A_2$  и  $B$ .

### Требования промышленности к разведанности и изученности качества сырья

Требования промышленности к степени разведанности и изученности месторождений черных металлов, передаваемых для освоения, как указывалось, определяются соотношением балансовых запасов категорий  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$ . По существующему в настоящее время Положению для разработки проектов и выделения капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий на базе железорудных месторождений считается достаточным, чтобы балансовые запасы категорий  $A_2 + B$  составляли 30—35% и категории  $C_1$  — 70—65% от общих запасов категорий  $A_2 + B + C_1$ ,<sup>1</sup> причем выявление запасов по категории  $A_2$  требуется в ограниченном количестве (не менее 10%) и лишь на месторождениях I и II групп, залегающих на относительно небольшой глу-

<sup>1</sup> Для месторождений крупных размеров, или протягивающихся на значительную глубину, указанное соотношение запасов относится к разведанному участку месторождения или его верхним горизонтам, запасы которых обеспечивают предприятие на проектируемый срок действия.

бине от поверхности. Такие же требования предъявляются и к степени разведанности марганцевых месторождений I группы; для небольших месторождений марганцевых руд с неравномерным распределением полезного компонента, залегающих относительно глубоко от поверхности, разработка проектов и выделение капиталовложений на строительство допускается на запасах категорий В + С<sub>1</sub> при условии, что запасы категории В составляют не менее 20% от общих категорий В + С<sub>1</sub>. Требования к разведанности хромитовых месторождений более высокие: не менее 40% запасов категорий А<sub>2</sub> + В, в том числе не менее 5% категории А<sub>2</sub>.

При разведке месторождений в новых районах требуется проведение минимума геологических исследований, обеспечивающих общее оконтуривание площади оруденения, получение предварительных данных о наличии в районе месторождений флюсовых известняков, огнеупорного сырья, угля, строительных материалов, источников водоснабжения, а также геологическое освещение прилегающих к месторождению площадей для установления возможности их застройки при организации торнодобывающего предприятия.

Требования к полноте изученности состава руды определяются промышленными кондициями для подсчета их запасов в недрах, которые устанавливаются соответствующими промышленными министерствами с учетом особенностей месторождения и конкретных условий использования руд. Ниже рассматриваются основные показатели, которые учитываются при оценке качества руд для месторождений железа, марганца и хромита.

**Железные руды.** При оценке качества руд, предназначенных для доменной плавки, принимаются во внимание следующие важнейшие их свойства.

**Содержание железа.** Магнетитовые и гематитовые руды используются без обогащения при содержании железа не меньше 50%, а гидрогетитовые — не меньше 45%; сидеритовые руды благодаря своей легкоплавкости уже при 30—35% железа рассматриваются как эквивалентные по металлургической ценности богатым рудам. Руды с более низким содержанием железа относятся к бедным и подвергаются обогащению, окускованию, усреднению и шихтовке.

Обогащение позволяет получать не только концентраты со значительно повышенным содержанием железа по сравнению с природными рудами, но и концентраты попутных полезных компонентов из руд комплексного состава — ильменитовые, кобальт-пиритовые, медьсодержащих сульфидов, флюоритовые, баритовые.

Легче других и с высоким извлечением металла обогащаются магнетитовые руды, особенно если в их составе отсутствуют минералы из группы железосодержащих силикатов; применение сухой и мокрой магнитной сепарации обеспечивает получение из этих руд высококачественных концентратов с экономически приемлемыми показателями даже при содержании в исходной руде около 25% железа.

Гематитовые, гидрогематитовые и гидрогетитовые руды обогащаются с более или менее удовлетворительными показателями при электромагнитной сепарации только на аппаратах с высокой интенсивностью магнитного поля. Применение для этих руд предварительного магнитизирующего обжига резко улучшает извлечение металла и его содержание в концентрате. Глинистые гидрогематитовые и гематитовые валунчатые руды хорошо обогащаются промывкой. Гематитовые железистые кварциты, железисто-хлоритовые руды и руды смешанного состава требуют применения сложных схем обогащения — магнетизирующий обжиг, электромагнитная сепарация, флотация. Вследствие этого желательно, чтобы содержание железа в исходной руде было не ниже 35%.

Принятых схем обогащения бедных сидеритовых руд пока еще нет; практически эти руды могут быть использованы как железистые флюсы при благоприятных соотношениях шлакообразующих компонентов.

Содержание нерудных составляющих в рудах шлакообразующих компонентов имеет важное значение для оценки качества руд. Если среди нерудных составляющих преобладает кремнекислота и глинозем, то они характеризуются как кислые и для ошлакования требуется добавка известняка; если среди нерудных составляющих преобладают известь и магнезия, руды характеризуются как основные и для образования шлаков вводятся в шихту кремнезем. В некоторых случаях молекулярное соотношение суммы кремнезема и глинозема к сумме содержащих их оксидов к единице и руды становятся самоплавкими. Такой состав нерудных компонентов является весьма благоприятным и позволяет снизить требования к содержанию в рудах железа.

Наличие в рудах двуокиси титана, окисей бария, натрия и калия также влияет на расчет оптимального состава шлаков, вследствие чего руды должны изучаться и на содержание этих компонентов.

Содержание вредных примесей. К числу вредных примесей, которые понижают качество чугуна, осложняют его передел либо разрушительно действуют на огнеупорную кладку печей, относятся сера, фосфор, мышьяк, олово, цинк, свинец. Требования к содержанию серы в руде зависят от содержания ее в коксе и для руд кислого состава при условии нормальной работы на кислых шлаках оно тем меньше, чем выше содержание железа в руде. Фосфор при доменной плавке переходит в чугун (до 95%) и требования к содержанию его в руде обычно предъявляются весьма низкие. Мышьяк является очень вредной примесью, содержание которой не должно превышать 0,07%. Содержание в товарных рудах других вредных примесей обычно ограничивается следующими величинами: олова — не выше 0,08%, цинка — не выше 0,1%, свинца — не выше 0,1%.

Содержание полезных примесей. Полезные примеси — хром, никель, кобальт, ванадий, марганец, — переходя в чугун и затем в сталь, при известных содержаниях улучшают ее свойства и дают возможность получения специальных сталей с определенными (заданными) свойствами. Специальные хромо-никелевые чугуны выплавляются из руд, в которых соотношение хрома к никелю не должно превышать 1,5:1, вместе с тем содержание хрома в руде выше 2% нежелательно. Кобальт — полезная примесь, но обычные содержания его в железных рудах ничтожны и не влияют на качество выплавляемого из них металла. Ванадий, даже при очень небольших содержаниях, обладает способностью легировать металл. Наличие в рудах марганца порядка 1% может считаться нормальным.

Наиболее высокие требования по качеству предъявляются к железным рудам, применяемым в мартеновском процессе. Они должны иметь высокое содержание железа (свыше 55%), быть свободными от вредных примесей и кусковатыми (не менее 70% класса +6 мм). Особенно ценятся мартитовые мартеновские руды. Содержание кремнезема ограничено — 4%; серы и фосфора не выше 0,15% каждого; меди, мышьяка, цинка, свинца, хрома не более 0,04% каждого.

Наряду с кондициями по качеству руд соответствующие промышленные министерства устанавливают требования и по горнотехническим условиям месторождений. Минимальная промышленная мощность рудных залежей устанавливается большей частью в пределах 0,75—2,0 м и зависит от условий залегания, ценности руды и системы эксплуатационных работ; в ряде случаев кондиции допускают включение в контур балансовых запасов прослоев некондиционных руд мощностью до 2 м при усло-

вни, что среднее содержание железа с учетом этих прослоев по пачкам 10-метровой мощности не падает ниже кондиционного.

**Марганцевые руды.** Конкретные требования к качеству марганцевых руд зависят от того, для какой цели они используются, и сводятся к следующему (ориентировочно).

Для выплавки ферромарганца руды должны содержать не менее 40% марганца, не более 15% кремнекислоты, не выше 0,17—0,20% фосфора и иметь соотношение  $Mn:Fe$  не ниже 6—7, если содержание марганца свыше 50, и не ниже 8—10, если содержание марганца находится в пределах 50—40%. В случаях крайней необходимости используют и более бедные руды с содержанием марганца 40—35 и даже 35—30% при условии очень низкого содержания в них железа и фосфора.

Для выплавки шпигеля и силикошпигеля обычно используют железомарганцевые руды. Наилучшими являются руды с содержанием марганца не ниже 18—20% и суммой марганца и железа 40—60%; содержание кремнезема не должно превышать 25%, фосфора 0,15—0,18%.

Для выплавки марганцовистых чугунов с содержанием 5—10% марганца могут быть использованы марганцовистые железные руды с содержанием железа порядка 40% или выше, марганца 4—10% и фосфора не выше 0,05%. Однако марганцовистые железные руды указанного состава не пользуются широким распространением в природе.

Для подшихтовки при выплавке из железных руд обыкновенных чугунов обычно используют сравнительно бедные руды с содержанием марганца 30—20%, которое может быть снижено и до 15—10%, если при этом содержание железа выше 15%; содержание фосфора допускается до 0,3%.

Для подшихтовки при выплавке стали в мартеновских печах могут быть использованы карбонатные и богатые известью марганцевые руды. Малофосфористые разновидности таких руд даже при невысоком содержании марганца представляют ценное сырье для черной металлургии.

Обогащением марганцевых руд в ряде случаев удается существенно повысить содержание марганца и снизить содержание вредных примесей. Чаще всего применяют простые и недорогие методы обогащения руд — грохочение или промывка, дробление с обогащением на отсадочных машинах и т. п.

По физическим свойствам наиболее желательными для черной металлургии являются твердые руды, дающие при эксплуатации кусковой материал, не содержащий большого количества мелочи.

**Хромитовые руды.** В металлургической промышленности для производства ферросплавов используют хромитовые руды, содержащие более 40%  $Cr_2O_3$  при отношении  $Cr_2O_3:FeO$  более 2,7. По содержанию фосфора и серы не существует определенных кондиций; практически считается допустимым содержание фосфора до 0,07%, серы — до 0,05%.

При использовании хромита в качестве огнеупора особое значение придается физическим свойствам: руда должна быть массивной, плотной, однородной и не содержать включений и прожилков серпентинита, хлорита и особенно кальцита мощностью более 1 мм. По составу руда должна содержать не менее 32—35%  $Cr_2O_3$ , не более 8%  $SiO_2$  и не более 1,3%  $CaO$ . В промышленности огнеупоров используются преимущественно низкосортные по содержанию окиси хрома, но богатые глиноземом руды.

Вкрапленные руды, а также руды с такситовой текстурой обычно требуют обогащения. Часто в результате обогащения вкрапленных руд,

<sup>1</sup> Имеется в виду, что все содержащееся в руде железо пересчитано на  $FeO$ .

содержащих только 10—20% зерен хромшпинелидов, удается получить высокосортные концентраты. Однако следует отметить, что для руд с невысоким содержанием окиси хрома в хромшпинелиде никакое механическое обогащение не может дать удовлетворительного результата.

### Классификация запасов и условия отнесения их к категориям

Условия классификации запасов руд черных металлов и признаки для определения их категорий указаны в соответствующих инструкциях ГКЗ отдельно для месторождений железных руд, марганца и хромита. Здесь эти условия приводятся в несколько обобщенном виде.

Категория  $A_1$ . К этой категории относятся запасы в блоках, оконтуренных подготовительными горными выработками или скважинами эксплуатационной разведки и полностью изученные; размеры блоков обычно определяют принятыми при эксплуатации расстояниями между подготовительными горными выработками. В случае разработки открытым способом запасы категории  $A_1$  учитывают в контуре, определяемом опробованным уступом карьера и скважинами эксплуатационной разведки (а также буровзрывными).

При отнесении запасов к категории  $A_1$  необходимо соблюдение всех условий, указанных ниже для категории  $A_2$ , и, кроме того, дополнительное опробование по выработкам с целью выяснения распределения руд отдельных промышленных сортов в каждом блоке с детальностью, требуемой для планирования их отработки.

Запасы категории  $A_1$  подсчитывают по геолого-маркшейдерским планам, используемым при ведении эксплуатационных работ, и служат для обоснования текущего планирования эксплуатационных работ.

Категория  $A_2$ . К этой категории относятся запасы детально разведанные и оконтуренные буровыми скважинами или горными выработками. Отнесение запасов к категории  $A_2$  допускается при соблюдении следующих условий:

а) форма, размеры, условия залегания и внутреннее строение рудных тел, характер контактов их с вмещающими породами, положение и амплитуды основных тектонических нарушений изучены с детальностью, допускающей выполнение всех необходимых графических построений и расчетов при составлении технического проекта;

б) минералогический и химический состав руд, их структурные и текстурные особенности, определяющие качество, а также пространственное распределение различных сортов руд изучены детально, что позволяет с необходимой для практических целей точностью оценивать среднее содержание важнейших компонентов в извлекаемой рудной массе и рассчитывать выход кондиционных руд по принятой технологической схеме рудоподготовки;

в) для руд, требующих обогащения, изучена их обогатимость по представительным пробам с детальностью, обеспечивающей проектирование схем промышленного обогащения; определен выход концентрата и его качество;

г) гидрогеологические условия месторождения — степень обводненности рудных тел и вмещающих пород — изучены с полнотой, обеспечивающей оценку ожидаемого среднего и максимального притока воды в горные подготовительные и очистные выработки и влияния обводненности на физическое состояние руд и пород; изучены породы и свойства вмещающих пород, а для участков, пригодных для открытой разработки, также объем и распределение вскрышных пород;

д) запасы подсчитаны в контуре опробованных выработок, пройденных по сетке, соответствующей данной категории. Запасы не требующих обогащения руд, которые залегают среди бедных руд и могут быть селек-

тивно выработаны, подсчитаны отдельно (при подсчете запасов железных руд отдельно подсчитываются также запасы руд, пригодных для марте-новского и бессемеровского производства; при подсчете запасов марганцевых руд отдельно подсчитываются запасы руд, пригодных для производства ферромарганца).

Запасы категории  $A_2$  служат обоснованием для проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий, а на эксплуатируемых месторождениях — для планирования добычи за пределами годовых планов.

На новых месторождениях запасы категории  $A_2$  выявляются в процессе детальной разведки до передачи месторождения в промышленное освоение, как правило, только на железорудных марганцевых месторождениях I и II групп и весьма ограниченном количестве на хромитовых месторождениях; на железорудных и марганцевых месторождениях III, IV и V групп запасы категории  $A_2$  выявляются обычно в процессе горно-подготовительных и эксплуатационных работ.

Категория В. К категории В относятся запасы, разведанные буровыми скважинами и при необходимости горными выработками. Отнесение запасов к категории В допускается при соблюдении следующих условий:

а) общая форма, размеры, условия залегания, основные тектонические нарушения и особенности внутреннего строения рудных тел изучены с детальностью, позволяющей производить оконтуривание общих запасов без детализации их распределения; выяснен характер распределения руд всех типов и промышленных сортов;

б) минералогический и химический состав руд, их структурные и текстурные особенности изучены для всех типов и промышленных сортов руд; установлено среднее качество руд и количественные соотношения руд различных природных типов и промышленных сортов;

в) обогатимость руд изучена по достаточному количеству представительных проб в лабораторных условиях в объеме, достаточном для выбора технологической схемы обогащения;

г) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения выявлены достаточно полно; получены данные о гидрогеологическом режиме месторождения, ориентировочно определены притоки воды в будущие горные выработки; выяснены природа и свойства вмещающих пород, а для участков, пригодных для открытой разработки, также объем вскрышных пород;

д) запасы подсчитаны в контуре опробованных выработок, пройденных по сетке, соответствующей данной категории.

На эксплуатируемых и хорошо изученных месторождениях I, II и IV групп с выдержанными мощностью и качеством руды допустима экстраполяция запасов категории В от контура категории  $A_2$  или от эксплуатационных горных выработок при условии, что экстраполяция обоснована наличием хотя бы единичных подсечений рудного тела разведочными выработками и не превышает половины расстояния между разведочными выработками в контуре категории  $A_2$  для месторождений I и II групп или половины высоты эксплуатационного этажа для месторождений IV группы.

При подсчете запасов хромитовых месторождений к категории В могут быть отнесены запасы, подсчитанные в контуре экстраполяции от категории  $A_2$  до установленных сместителей, на расстояние, не превышающее половины принятого в контуре категории  $A_2$ , и при условии, что доказано наличие руды за плоскостью сместителя.

Запасы категории В совместно с запасами категорий  $A_2$  и  $C_1$  в установленных соотношениях служат обоснованием для проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий, а на

эксплуатируемых месторождениях совместно с запасами категории  $A_2$  — для планирования добычи за пределами годовых планов.

Категория  $C_1$ . К этой категории относятся запасы, определенные на основании более редкой чем для категории В сети буровых скважек контурам запасов категорий  $A_1$ ,  $A_2$  и В. К категории  $C_1$  примыкающие отнесены запасы особо сложных месторождений VI группы, для которых, несмотря на густую сеть разведочных выработок, распределение полезных компонентов или система тектонических нарушений не выяснены. Для отнесения запасов к категории  $C_1$  необходимо соблюдение следующих условий:

а) общая геологическая структура месторождения (участка), площадные размеры, средняя мощность, общая форма рудного тела и схема послерудной тектоники определены по данным редкой сети разведочных выработок и естественных обнажений, а также на основании детальной геологической съемки и геофизической разведки, подтвержденной вскрытием рудных тел в отдельных точках;

б) качественная характеристика месторождений; химический состав, технологические свойства руд определены предварительно на основании анализов и лабораторных испытаний единичных проб бедных руд на обогатимый участок;

в) гидрогеологические и горнотехнические условия оценены предварительно на основании общих данных о геологическом строении месторождения или по аналогии с геологически сходными более изученными участками;

г) запасы околонтурены по данным разведочных выработок, расстояния между которыми устанавливаются в соответствии с принятыми для данной категории.

К категории  $C_1$  могут быть отнесены запасы, экстраполированные от контура запасов категорий  $A_1$ ,  $A_2$  и В, а также подвешенные к детально разведанному и опробованному выходу рудного тела на поверхность при условии, что экстраполяция геологически обоснована и не превышает половины расстояний между выработками, принятых для категории  $C_1$ .

Запасы категории  $C_1$  вместе с запасами категорий  $A_2$  и В в установленных соотношениях служат обоснованием для проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий, а также для проектирования и проведения детальных геологоразведочных работ.

Категория  $C_2$ . К этой категории относятся запасы, примыкающие к участкам месторождений, разведанным по категориям  $A_2$ , В и  $C_1$ , и запасы, предполагаемые по геологическим и геофизическим данным, подтвержденным опробованием руд в единичных окважинах и выработках.

К категории  $C_2$  могут быть отнесены запасы:

а) в контурах рудных тел и залежей, воспроизведенных по данным детальных геологических карт и в результате интерпретации геофизических съемок, проверенных вскрытием одной-двумя выработками, подтвердившим рудный характер геофизической аномалии;

б) в контурах геологически обоснованной экстраполяции в пределах участков, примыкающих к запасам категорий  $A_2$ , В и  $C_1$  или опирающихся на единичные выработки.

Запасы категории  $C_2$  служат обоснованием для планирования геологоразведочных работ и учитываются при определении перспектив развития горнорудных предприятий.



прикрытые покровом доломитов нижнего кембрия, мощностью 40—70 м, не выходят на поверхность. Рудное тело местами, особенно на флангах, имеет сложное строение и расчленяется на ряд пачек, разделенных прослойками безрудных пород и некондиционных руд, мощность которых редко превышает 2 м. Однако все руды в целом относятся к одному технологическому типу — магнетитовых сернистых руд, требующих обогащения.

Разведка осуществлена при помощи профилей буровых скважин, расположенных через 100 м по простиранию, с подсечением рудного тела в каждом профиле через 30—100 м по падению. Выход керна был вполне удовлетворительный; данные документации керна подтверждены электрокаротажем; опробование произведено доброкачественно.

В соответствии с условиями залегания рудного тела и методикой его разведки для подсчета запасов применен метод параллельных вертикальных сечений. Оконтуривание и блокировка запасов осуществлены на разрезах и на продольной проекции рудного тела на вертикальную плоскость.

По категории В квалифицированы запасы в блоках, находящихся в средней части залежи и опирающихся на скважины, подсекающие рудное тело не реже чем через 100 м. По падению запасы категории В ограничиваются в каждом профиле горизонтальной линией, проведенной через точку выхода из руды самой глубокой скважины, входящей в подсчет запасов этой категории; таким образом, к категории В отнесена и часть экстраполированных запасов.

К категории С<sub>1</sub> отнесены запасы, подсчитанные в краевых частях рудного тела с экстраполяцией от буровых скважин на 100 м, а также в блоках, расположенных между профилями IV—VI—VIII—X, где разведочные скважины (по одной на каждом профиле) образуют линейный контур.

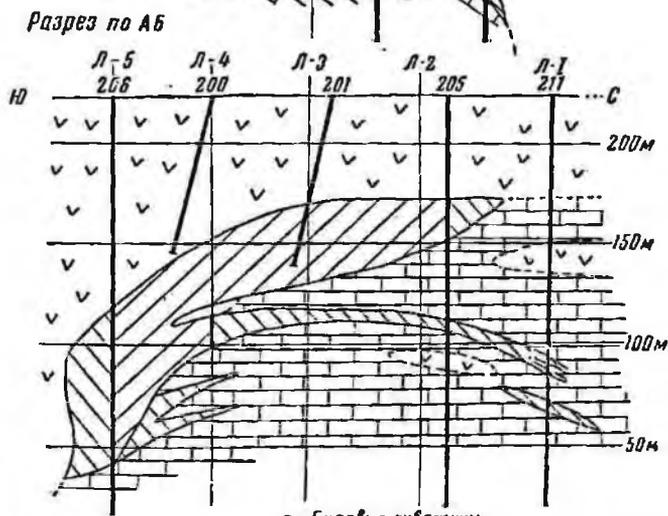
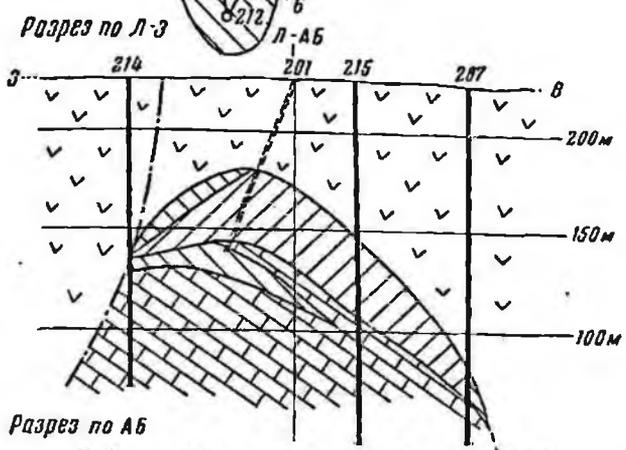
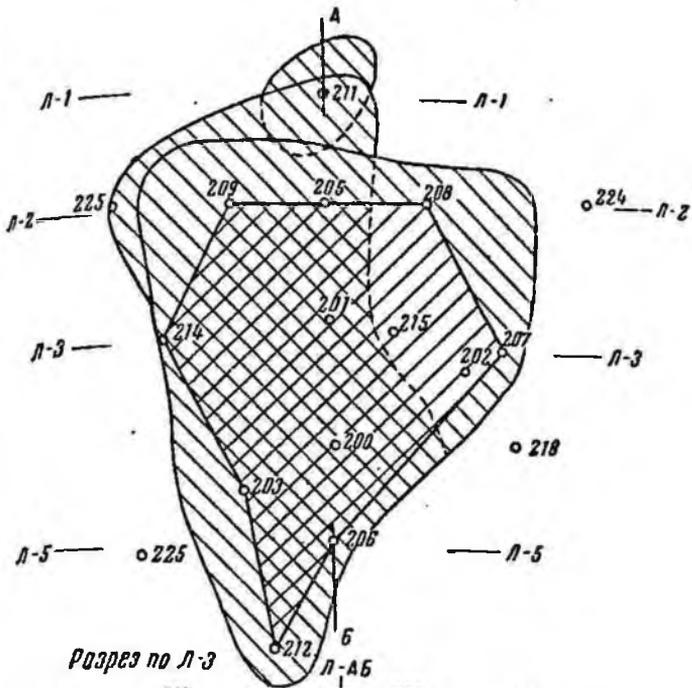
Охарактеризованная классификация запасов, в общем, не вызывает возражений. Но вместе с тем необходимо заметить, что плотность сети скважин в контуре категории В несколько излишняя для обоснования этой категории. Учитывая значительную мощность залежи, достаточную надежность данных буровой разведки и однотипность руд возможно было бы выделить в центральной части рудного тела часть запасов и по категории А<sub>2</sub>.

В качестве примера классификации запасов месторождений V группы на рис. 286 приведена схема блокировки запасов Суходойского участка Первого Северного месторождения магнетитовых железных руд.

Рудное тело залегает в контакте известняков с прикрывающими их диабазы на глубине 40—120 м. Оно имеет грубо линзообразную форму с более или менее изометрическими очертаниями в плане; длина его по простиранию несколько более 300 м, ширина около 200 м, мощность варьирует в пределах от 75—50 м в средней части линзы до выклинивания у ее краев. На юге и западе участка рудное тело является сплошным, в северной и восточной части оно расчленяется на несколько пачек, постепенно выклинивающихся.

Месторождение разведано системой вертикальных и наклонных скважин колонкового бурения, пересекающих рудную залежь по приблизительно равномерной сети с расстоянием между подсечениями 45—65 м; выход керна по всем скважинам вполне удовлетворительный.

Запасы подсчитаны по методу вертикальных параллельных сечений. Большая часть их находится в контуре скважин и отнесена к категории В, хотя здесь могла бы быть выделена и категория А<sub>2</sub>; по категории С<sub>1</sub> квалифицированы запасы краевых частей рудного тела, ограниченные контуром выклинивания и границей категории В, а также запасы в маломощных выклинивающихся рудных пачках.



- Диабаз
- Известиям
- Категория В
- Категория С
- Буродые снаважны

Рис. 286. Схема классификации запасов Суходойского участка Первого Северного месторождения железных руд (по А. И. Усенко)

На рис. 287 изображен пример классификации запасов одного из хромитовых месторождений, относящегося к V и частично к VI группе Геологическое строение этого месторождения, расположенного в пределах кимперсайского ультраосновного массива, весьма простое, однако рудные залежи характеризуются довольно сложной морфологией.

На месторождении выделено более 20 мелких рудных тел и одна крупная линза длиной по простиранию около 500 м при вертикальной мощности до 45 м. Линза залегает с наклоном на запад под углами 10—45°; контакты рудных тел с вмещающими породами отчетливые, резкие; выклинивание рудных тел происходит на коротких расстояниях, иногда с расщеплением. Сложность морфологии рудных тел определяется главным образом тектоническими нарушениями, которыми рудное тело разбито на ряд мелких блоков, перемещенных относительно друг друга в различных направлениях.

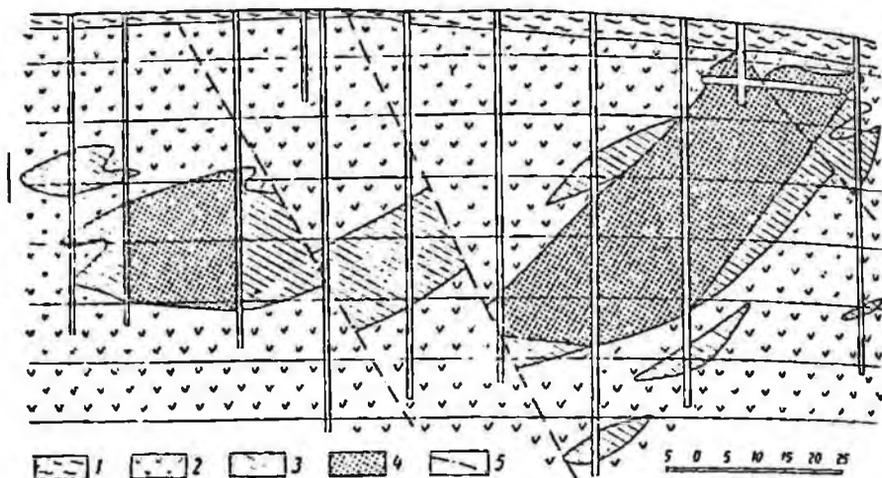


Рис. 287. Схема классификации запасов одного из хромитовых месторождений кимперсайского ультраосновного массива (по П. Е. Филиппову и В. В. Савельеву)  
1 — суглянок; 2 — серпентинит; 3 — хромит (блоки запасов кат. С<sub>1</sub>); 4 — хромит (блоки запасов кат. В)  
5 — сбросы

Выбор участка для детальной разведки был осуществлен на основании данных гравиметрической съемки. Разведка была произведена при помощи буровых скважин и шурфов (частично со штреками), расположенных на линиях через 30 м при расстояниях между линиями 40 м; на участках с наиболее сложной тектонической структурой разведочная сеть сгущалась до 20 × 20 м. Выход керна по скважинам был достаточно высокий — в пределах 70—95%. Рудные интервалы опробованы и пробы проанализированы на все основные компоненты, характеризующие промышленную оценку руды.

Подсчету запасов предшествовала трудоемкая работа по геометрии рудных тел; для отображения сложного распределения руды и пространственной увязки рудных тел были построены поперечные и продольные разрезы через 25—40 м, а также погоризонтные планы через 20 м, что обеспечило правильность интерполяции и надежность оконтуривания рудных тел.

Подсчет запасов производился методом вертикальных параллельных сечений; подсчитывались валовые запасы руды без разделения по маркам и сортам. Подразделение запасов по категориям производилось на поперечных разрезах; правильность увязки отдельных площадей на

соседних разрезах контролировалась по продольным разрезам и погоризонтным планам.

На рисунке изображен один из типичных разрезов с блокировкой запасов. К категории В отнесены запасы, разведанные буровыми скважинами, частично шурфами, расположенными через 20 м, на расстоянии 40 м от смежных сечений. По категории С<sub>1</sub> квалифицированы запасы, ограниченные разведочной выработкой с одной стороны (экстраполированные), примыкающие к контуру категории В, а также в изолированных блоках и небольших линзах, подсеченных одной выработкой.

Запасы относились к категории С<sub>1</sub> (категория В не выделялась) и в тех случаях, когда площадь сечения блока на разрезе хотя и оконтуривалась разведочными выработками с двух сторон, но одна или обе выработки показывали неполную мощность и имелось наличие резкое несовпадение мощностей в соседних выработках.

#### 4. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К РОССЫПНЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ

С россыпными месторождениями в значительной степени связаны запасы золота, платины, олова и вольфрама, для которых имеется специальная инструкция ГКЗ [1955]. Для остальных полезных ископаемых (ильменит, рутил, монацит, циркон и др.), встречающихся в россыпях, могут быть использованы указания этой инструкции с соответствующими изменениями и уточнениями в зависимости от специфических особенностей компонентов и поведения их в россыпях.

Инструкция по применению классификации запасов к россыпным месторождениям золота, платины, олова и вольфрама составлена И. С. Рожковым. В обсуждении и доработке инструкции принимали участие А. П. Буров, Г. П. Воларович, И. Д. Коган, П. Л. Қаллистов, А. П. Прокофьев, Е. Т. Шаталов и ряд других специалистов. Согласно этой инструкции при определении степени детальности разведки, позволяющей относить запасы к той или иной категории, необходимо учитывать природные факторы образования россыпей, условия их залегания, размеры, форму, характер распределения в них металла (минерала) и сопутствующих полезных компонентов.

Россыпные месторождения всех возрастных и морфологических типов по степени выдержанности продуктивного горизонта, распределению металла и другим признакам, определяющим методику их разведки, разделяются на три группы:

1. Хорошо выдержанные россыпные месторождения, характеризующиеся равномерным распределением металла, относительно постоянной мощностью и сравнительно ровным плотиком с незначительным уклоном.

К этой группе относятся четвертичные аллювиальные россыпи, в частности русловые, пойменные, хорошо прослеживающиеся террасовые россыпи крупных рек с широкой хорошо выраженной долиной.

2. Выдержанные по ширине и длине россыпные месторождения с менее равномерным содержанием металла, характеризующиеся неровным плотиком с крутым уклоном. Пласт по своему литологическому составу не всегда отличается от вышележащих рыхлых отложений и выделяется по данным опробования. Зерна металла (минерала) имеют различную степень окатанности; часто встречаются самородки, крупные кристаллы и сростки.

К этой группе относятся аллювиальные россыпи хорошо выдержанные, но нарушенные прежними разработками или имеющие неровный плотик (ребристый с карманами, западениями и карстовыми воронками). В эту же группу включаются россыпи средних размеров речных долин и ключей, а также не прослеживающиеся далеко террасовые россыпи крупных долин.

3. Россыпи невыдержанные и гнездовые, россыпи мелких ключей и распадков с неравномерным распределением металла (минерала), невыдержанной мощностью пласта и торфов, частыми перерывами пласта по падению долины и переменной шириной последней. Пласт выделяется только по данным опробования. Зерна металла (минерала) имеют различную степень окатанности; преобладают зерна крупных размеров; в большом количестве встречаются самородки и крупные кристаллы. Плотик россыпи неровный, с крутым падением, частыми карманами, западениями и карстовыми воронками.

Типичными месторождениями этой группы являются аллювиальные и пролювиальные россыпи мелких ключей, логов, распадков четвертичного возраста и некоторые другие. К этой группе относятся также россыпи средних речных долин и ключей, но в той или иной степени нарушенные прежними разработками или имеющие отвалы, образованные в результате разработки россыпей.

При проведении геологоразведочных работ и подсчете запасов на россыпных месторождениях необходимо учитывать требования промышленности как к качеству минерального сырья, так и к горнотехническим условиям отработки.

### Промышленные требования к методике разведки и качеству песков россыпных месторождений

Разработка рыхлых россыпей в зависимости от условий залегания, мощности продуктивного горизонта и распределения полезного компонента производится отдельной выемкой продуктивного пласта или выемкой всей толщи наносов.

Россыпи для отдельной выемки должны иметь отчетливо выраженный продуктивный пласт и торфа, практически не содержащие металла. Отработка их производится открытым и подземным способами, причем объектами подземной добычи обычно являются глубоко залегающие россыпи. Минимальная выемочная мощность для подземной отработки обычно принимается в 1,3 м. Для решения вопроса о возможности отработки россыпи подземным способом важно выяснить отношение мощности торфов к мощности продуктивного пласта и изучить горнотехнические и гидрогеологические условия отработки.

При сплошной выемке разрабатывается не только продуктивный горизонт, содержащий полезные компоненты, но и вся покрывающая его толща наносов. Россыпи, пригодные для сплошной выемки, в зависимости от их типа, характера распределения полезного минерала и его содержания, условий залегания, гидрогеологического и гидрологического режима разрабатываются экскаваторным, дражным, гидравлическим и другими способами. Большая часть месторождений с запасами для сплошной выемки разрабатывается дражным или гидравлическим способом.

Запасы для дражного способа отработки должны обеспечить полный амортизационный период работы драги определенной производительности и удовлетворять требованиям, предъявляемым к содержанию металла, обеспечивающему рентабельную работу драги. Необходимым условием является наличие воды в количестве, достаточном для перемещения драги в процессе работы с устройством плотин или без них. Мощность рыхлых отложений должна соответствовать глубине черпания драги. Вечная мерзлота осложняет разработку россыпи драгой и вызывает необходимость дополнительных работ. Наиболее благоприятный для разработки дражным способом уклон долин 0,001—0,003, хотя при устройстве плотин работа возможна и на уклоне 0,01.

Россыпь, пригодная для разработки драгой, должна быть непрерывной, а при наличии нескольких промышленных участков, составляющих один дражный полигон, необходимы благоприятные условия, способствующие передвижению драги для отработки этих участков. В этих случаях следует предусмотреть минимальную ширину полигона, необходимые для прохода драги. Основные технические условия работы драг приведены в табл. 73.

Таблица 73

Технические условия работы драг

Емкость черпака драги, л	Глубина черпания, м		Минимальная ширина для прохода драги, м	Максимальная высота надводного борта, м	Минимальные запасы, тыс. м <sup>3</sup>
	максимальная	минимальная			
50	6,0	1,5	20	0,5	300
150	9,3	2,5—2,7	40—50	0,5—2,5	2 500—3 500
210	11,6	3,1—3,3	50—60	1,5—4,0	6 000—8 000
360— для нормального черпания	11,3—15,8	3,7—4,0	70	2,0—5,0	12 000—15 000
380— для глубокого черпания	30,0	4,0—4,5	70	6,0	12 000—18 000

Объектами дражных полигонов являются главным образом пойменные россыпи и россыпи низких террас, цоколь которых находится ниже уровня воды в реке и позволяет производить отработку драгой.

Для гидравлического способа отработки запасы россыпи должны удовлетворять техническим требованиям, необходимым для работы с естественной или искусственной подачей воды (благоприятные условия залегания, гранулометрический состав, характер плотика, гидрогеологический режим, условия водоснабжения).

В зависимости от условий залегания россыпи применяются следующие способы гидравлической разработки: а) шлюзовой, при котором транспортировка пульпы на обогатительные установки и удаление хвостов после промывки происходят самотеком, б) элеваторный (землесосный), при котором транспортировка пульпы на обогатительные установки производится специальными насосами.

Для разработки россыпи шлюзовым способом плотик россыпи должен быть расположен на возможно большей высоте над местами укладки хвостов, а его уклон по направлению к месту складирования хвостов — не менее 0,05—0,06; минимальная мощность россыпи (продуктивного пласта и торфов) должна быть не менее 2—3 м. Для шлюзового способа разработки наиболее благоприятными являются месторождения, расположенные на террасах, а также россыпи крутых логов и ключей.

Для разработки россыпи элеваторным способом необходимы те же требования, что и для разработки шлюзовым. Для этого способа наиболее благоприятны месторождения долинного типа с небольшим уклоном и россыпи карстового типа.

При разработке сплошным способом (дражным и гидравлическим) запасы полезного ископаемого россыпи подсчитываются на всю толщу рыхлых отложений — на массу. При разработке раздельным способом запасы песков и торфов подсчитываются отдельно. В случаях, когда способ разработки не определен, подсчет запасов производится на массу и на пески.

Для россыпных месторождений, пригодных к отработке подземным способом, среднее минимальное содержание золота должно быть не ниже 1 г на 1 м<sup>3</sup> песков в пересчете на выемочную мощность. Для россыпей,

пригодных к отработке открытым механизированным способом, минимальное среднее содержание золота должно быть не ниже 500 мг на 1 м<sup>3</sup> массы (песков + торфов). Для россыпей, пригодных к дражной отработке, минимальное среднее содержание золота снижается до 80—100 мг на 1 м<sup>3</sup> массы. К забалансовым относятся запасы песков с содержанием золота ниже промышленного, но не менее 40 мг на 1 м<sup>3</sup> массы.

Для россыпных месторождений олова промышленный минимум содержания касситерита обычно изменяется от 200 до 500 г/м<sup>3</sup>, в зависимости от масштаба россыпи.

Для россыпных месторождений вольфрама промышленный минимум содержания вольфрамита (шеелита) обычно изменяется от 500 до 1000 г/м<sup>3</sup> в зависимости от размеров отдельных залежей.

Циркон в зарубежных странах добывается преимущественно из прибрежных морских россыпей совместно с монацитом, ильменитом и рутилом. Содержание циркона в обогащенных слоях таких россыпей достигает 3—5% (Траванкор, Индия) и выше (до 15—20%). В аллювиальных, аллювиально-делювиальных россыпях и в остаточных месторождениях промышленные концентрации циркона обычно не превышают 0,5—1%, что составляет 20 кг на 1 м<sup>3</sup> песков. В случае, если циркон добывается попутно с другими полезными компонентами, промышленный интерес могут представлять и сотни граммов циркона на кубометр песков. Известны промышленные месторождения бадделита (бразилита, циркита), например в Бразилии, представляющего почти чистую окись циркония.

Бадделитовые руды дробятся и отмываются, при этом получают концентраты, содержащие 70—80% окиси циркония. Цирконовые пески подвергаются гравитационному обогащению и последующей перемешке на магнитных сепараторах (отделяется ильменит, гранат и др.) или на электростатических сепараторах и флотационных машинах. Для освобождения от вредных примесей (титана, железа, глинозема), цирконовые концентраты химически перерабатываются с целью их очистки и повышения содержания циркона (минерала), которое должно быть не ниже 90%. В концентратах, используемых в керамике и огнеупорах, не подвергающихся предварительной химической обработке, содержание циркона должно быть не ниже 98—99,7%. Цирконий при использовании в атомной технике необходимо освобождать от примеси гафния.

Минералы тантала и ниобия добываются из коренных и россыпных месторождений. В россыпях содержание танталовых и ниобиевых минералов колеблется в широких пределах — от десятков граммов до десятков килограммов на кубометр песков (Нигерия). Несмотря на невысокие содержания, эксплуатация коренных и россыпных месторождений тантала и ниобия в большинстве случаев оказывается рентабельной благодаря комплексности руд и песков, содержащих попутные промышленноценные компоненты, как цирконий, бериллий, литий, цезий, редкие земли, олово, титан и др., поэтому при установлении кондиций на руды и пески учитывается суммарная ценность всех полезных компонентов, которые могут быть извлечены при технологической переработке.

### Требования к степени изученности и разведанности россыпных месторождений

Разведка россыпных месторождений производится в основном скважинами («Эмпайр» и ударно-канатного бурения) и шурфами; применяются также шахты с горизонтальными выработками из них.

Разведочные выработки располагаются с таким расчетом, чтобы изучить распределение полезного ископаемого по длине, ширине и глубине

россыпи; при струйчатом распределении полезного ископаемого определяется пространственное расположение струй; в случае наличия двух и более продуктивных горизонтов, расстояние между которыми препятствует одновременной их отработке, необходимо оконтурить каждый из них раздельно.

Обычно линии разведочных выработок закладываются вкрест к установленному или предполагаемому направлению простирания россыпи на расстоянии одна от другой, принятом для каждой категории запасов. Количество линий должно быть не менее двух-трех; количество выработок в линии не менее трех.

Густота сети разведочных выработок, необходимая для разведки запасов по той или иной категории, определяется в зависимости от выдержанности россыпи, ее размеров по простиранию и ширине; учитывается также возможный способ добычи металла из россыпей. В зависимости от принадлежности россыпей к той или иной группе и их размеров рекомендуются следующие примерные расстояния между разведочными линиями и выработками (табл. 74).

Таблица 74

Группа россыпей	Для запасов категории			Примечание
	A <sub>2</sub>	B	C <sub>1</sub>	
„а“	$\frac{200}{10-20}$	$\frac{200-400}{20-40}$	$\frac{400 \text{ и более}}{40}$	Числитель — расстояние между линиями, м; знаменатель — между выработками, м
„б“	$\frac{50-200}{10}$	$\frac{200-400}{10-20}$	$\frac{400 \text{ и более}}{20-40}$	
„в“	—	$\frac{50-200}{10}$	$\frac{200 \text{ и более}}{10-20}$	

Плотность разведочной сети (площадь на одну выработку в тыс. м<sup>2</sup>) соответственно этим группам составляет: для категории A<sub>2</sub> 4—2; 2—0,5; для B 16—4; 8—2; 2—0,5; для C<sub>1</sub> 32—16; 16—4; 4—2.

В случае, если россыпь разведана не линиями, а выработками, расположенными в шахматном порядке, плотность разведочной сети должна соответствовать плотности, принятой при линейном способе разведки для россыпей той же группы и запасов той же категории.

Опробование буровых скважин и шурфов на новых россыпях производится через интервалы 0,2—0,5 м. При детальной разведке достаточно изученных россыпей, предназначенных для раздельной отработки, можно допустить увеличение интервалов опробования по торфам до 1,0 м.

Материал, полученный при бурении скважин, полностью поступает в промывку. При шурфовой разведке в пробу должен поступить весь материал, полученный при проходке, или отбирается количество материала, достаточное для надежной характеристики пройденного интервала. На месторождениях с глубоким залеганием продуктивного пласта, при отсутствии промышленных концентраций полезного компонента в торфах, систематическое опробование последних не производится, для контроля опробуется только каждая третья-пятая линия на всю мощность торфов.

Всякое опробование разведочных выработок — буровых скважин и шурфов — должно быть проконтролировано путем промывки хвостов проб с целью определения коэффициента сноса. Кроме того, при наличии в россыпи мелкого и тонкого золота и платины необходимо применять способ опробования, обеспечивающий полное улавливание металла. Количество контрольных проб (промывок) должно составлять не менее

10—15 и быть достаточным для проверки работы в отдельные периоды. При этом контрольной пробой являются эфельные хвосты, оставшиеся от промывки продуктивного пласта.

Отбирая пробы с каждого интервала песков или торфов из скважин, необходимо обращать особое внимание на точность замера высоты столбика в скважине и объема выжелоенной породы, а при опробовании шурфов — на соблюдение установленного сечения шурфа.

При разведке россыпи надо изучить гранулометрический состав песков и торфов раздельно; для месторождений, намеченных к отработке драгами или гидравликами, должен быть изучен гранулометрический состав для россыпи в целом. Одновременно определяется процент каменистости, размер валунов, степень промывистости отложений, коэффициент разрыхления и ориентировочный расход воды на промывку 1 м<sup>3</sup> песков и торфов.

Полезный минерал, полученный из разведочных проб, подвергается ситовому анализу по линиям раздельно; количество ситовых анализов должно быть достаточным для характеристики всей россыпи. Полезный минерал в чистой фракции (без всяких примесей) необходимо проанализировать в химической лаборатории: для золота определяется его проба; для платины — содержание платины и других элементов платиновой группы; для минералов, содержащих олово и вольфрам, — процентное содержание в них этих металлов. Для этих целей отбирается не менее трех проб по линиям: в верхней, средней и нижней частях россыпи.

При опробовании на основной полезный минерал производится полный сбор шлихов, определяется выход шлиха на 1 м<sup>3</sup> песков и горной массы. Минералогический состав шлиха должен быть тщательно изучен, произведен ситовой анализ шлиховых минералов и проверено наличие ценных попутных компонентов.

Имея достаточно постоянный состав шлиха и соотношение в нем полезных компонентов, оценку и оконтуривание промышленных запасов можно производить по общему количеству шлиха, т. е. суммарно по всем составляющим шлих полезным компонентам.

При разведке россыпного месторождения скважинами «Эмпайр» или ударно-канатным бурением необходимо проходить контрольные горные выработки (шурфы), а где это целесообразно и возможно, — расщечки из шурфов для вскрытия участков пересечения пласта скважинами. Количество проконтролированных скважин должно составлять 10% от их общего числа. Контрольные шурфы надо задавать с учетом проверки буровых скважин, опробование которых показало высокое, среднее и низкое содержания. Контрольные горные выработки закладываются на месте пройденных скважин. Вся горная масса (торфа и пески), добытая из контрольных шурфов, должна быть опробована валовым способом по установленным интервалам. При разведке россыпей, залегающих глубже 20 м, и наличии больших притоков воды количество контрольных выработок практически сокращается, что приводит к снижению достоверности подсчитываемых запасов.

Если из контрольных шурфов проходятся расщечки, в них с каждого метра уходки необходимо брать бороздовые пробы и, кроме того, в пунктах пересечения пласта скважинами — валовые пробы, каждую длиной 1 м, в направлении оси расщечки. Валовые пробы подлежат промывке в полном объеме. Пески, выдаваемые из расщечки при проходке ее между скважинами, также подвергаются валовой промывке с подразделением интервала между двумя скважинами на 2 пробы, тяготеющие к этим скважинам. Таким образом, интервал влияния каждой скважины помимо бороздовых проб должен быть представлен 2—4 валовыми пробами по расщечкам, пройденным в обе стороны от нее до середины расстояния между нею и соседними 2—4 скважинами.

При разведке россыпей буром большого диаметра (больше 10 дюймов) проходка контрольных горных выработок не обязательна.

По данным опробования контрольных шурфов определяется поправочный коэффициент, который распространяется на среднее содержание и на запас полезного ископаемого, вычисленные по данным буровых работ.

Когда часть разведываемой россыпи разрабатывается или разрабатывалась раньше, достоверно вычисленный, фактический намывочный коэффициент необходимо учитывать при подсчете запасов; при этом допускается отнести его к среднему содержанию и к запасам полезного ископаемого, вычисленным по разведочным данным, только на участки, аналогичные по своему строению разрабатываемым. В этом случае бурение контролировать горными выработками не обязательно.

При разведке россыпи необходимо установить ее генетический и морфологический тип (элювиальная, делювиальная, аллювиальная, пролювиальная, русловая, террасовая, долинная и т. д.), изучить возраст россыпи и перекрывающих продуктивный пласт отложений, выявить уклон плотика, наличие в нем воронок, западин, ребристости. Кроме того, должны быть изучены гидрогеологические и гидрологические условия месторождения, режим поверхностных и подземных вод, их дебит, глубина сезонного промерзания, распространение вечной мерзлоты, контуры которой определяются по данным разведочных выработок или геофизических работ. Для новых месторождений должны быть выяснены источники питьевой и технической воды.

Запасы россыпей по степени изученности и разведанности разделяются на пять категорий:  $A_1$ ,  $A_2$ , В,  $C_1$  и  $C_2$ .

К категории  $A_1$  относятся запасы при обязательном соблюдении всех условий, перечисленных ниже для категории  $A_2$ .

Степень изученности, соответствующая категории  $A_1$ , может быть достигнута только на некоторых россыпных месторождениях группы «а», т. е. на хорошо выдержанных россыпях, характеризующихся равномерным распределением металла, относительно постоянной мощностью, сравнительно ровным плотиком с незначительным уклоном. Такие россыпи встречаются весьма редко, и запасы россыпных месторождений практически не разведываются до категории  $A_1$ ; они принимаются по данным маркшейдерского учета.

К категории  $A_2$  относятся запасы при соблюдении следующих условий помимо общих требований, изложенных выше:

а) россыпь разведана линиями выработок (в количестве не менее 4—5) или выработками в шахматном порядке с густотой, установленной для этой категории;

б) форма и условия залегания россыпи выявлены достаточно полно, в частности в пределах разведанного контура точно установлены ширина россыпи, глубина залегания и мощность пласта; изучены характер и свойства плотика; определен морфологический и генетический тип россыпи;

в) определен гранулометрический состав россыпи (отдельно для торфов и песков), установлен процент каменности и льдистости по выработкам;

г) изучен минералогический состав шлиха россыпи и определен процент его выхода на  $1 \text{ м}^3$  песков или горной массы;

д) произведен ситовой анализ полезных ископаемых по разведочным линиям для всей россыпи, установлен выход по каждому классу, изучены формы и степень окатанности зерен металла (минерала), определены пробность золота, процент самородков в россыпи, произведены химические анализы минералов и установлено процентное содержание полезного ископаемого в них; изучено распределение металла по длине, ширине и глубине россыпи;

е) определены гидрогеологические и гидрологические условия россыпи (водоносные горизонты, пльвуны, вечная мерзлота и др.); имеется топографический план инструментальной съемки масштаба 1 : 2000; для района месторождения имеются геологическая и геоморфологическая карты масштаба 1 : 5000 — 10 000.

К категории В запасы относятся при следующих условиях помимо общих требований, изложенных выше:

а) россыпь разведана линиями выработок (в количестве не менее трех) или выработками, расположенными в шахматном порядке с густотой, установленной для этой категории;

б) форма и условия залегания россыпи на основании имеющихся разведочных данных выявлены достаточно полно; в пределах разведанного контура установлены ширина россыпи, глубина залегания и мощность продуктивного пласта; изучены характер и свойства плотика;

в) определен гранулометрический состав россыпи, и установлен процент каменистости и льдистости; определена промывистость рыхлых отложений (торфов, песков, горной массы);

г) изучен минералогический состав шлиха россыпи и определен процент его выхода на 1 м<sup>3</sup> песков или горной массы;

д) произведен ситовой анализ полезного ископаемого по разведочным линиям, изучены форма и степень окатанности зерен; определены пробность золота и количество самородков в россыпи; произведены химические анализы минералов и установлено процентное содержание полезных компонентов; изучено распределение металла по длине, ширине и глубине россыпи;

е) определены гидрогеологические условия россыпи (водоносные горизонты, пльвуны, вечная мерзлота);

ж) имеется план инструментальной съемки масштаба 1 : 2000; для района месторождения имеются геологическая и геоморфологическая карты масштаба 1 : 10 000 — 50 000.

К категории С<sub>1</sub> запасы относятся при следующих условиях помимо общих требований, изложенных выше:

а) россыпь разведана по линиям или выработкам, расположенным в шахматном порядке с густотой, установленной для данной категории; запасы блоков, примыкающих к запасам категорий А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub> и В, подсчитаны путем экстраполяции на расстояния, равные половине расстояний между линиями и выработками, допустимыми для категории С<sub>1</sub>;

б) форма и условия залегания россыпи определены в пределах имеющихся разведочных данных;

в) имеются предварительные данные о гранулометрическом составе россыпи, минералогическом составе шлихов, характере полезного ископаемого, его распределении в россыпи и гидрогеологических условиях;

г) имеется топографический план масштаба не мельче 1 : 5000; район месторождения имеет геологическую и геоморфологическую карты масштаба 1 : 50 000 — 1 : 100 000.

К категории С<sub>2</sub> относятся запасы месторождений или его частей, которые, по имеющимся материалам, не могут быть отнесены к первым трем категориям в связи с более низкой степенью разведанности:

а) запасы блоков, примыкающих к контурам запасов более высоких категорий, подсчитанные путем экстраполяции на расстояние, равное удвоенной длине экстраполяции, установленной для категории С<sub>1</sub>, при наличии благоприятной геоморфологической обстановки;

б) запасы, разведанные редкими линиями при расстояниях между линиями и выработками, превышающими нормы, установленные для категории С<sub>1</sub>.

Разведочные выработки должны быть нанесены на инструментальный или полунструментальный план масштаба 1 : 5000 — 1 : 10 000.

### Примеры классификации запасов россыпей

Примером классификации запасов хорошо выдержанных россыпей группы «а» может служить схема классификации запасов части дражного участка одной из рек Восточной Сибири, план которого изображен на рис. 288, а типичный поперечный профиль — на рис. 289.

Указанная дражная россыпь прослежена по долине реки без перерыва на 22,5 км. Ширина россыпи в ее промышленной части колеблется от 50 до 830 м. Падение русла реки на всем протяжении россыпи равномерное и пологое. Мощность наносов до глубины дренирования составляет от 3,5 до 9 м.

Рыхлые породы представлены аллювиальными отложениями двух типов: более молодыми и древними. Последние являются плотиком промышленного золотоносного пласта, входящего в состав более молодых отложений. Золото приурочено в основном к нижней половине этих отложений.

Основным приемом разведки было разбуривание россыпи ставками Кийстон и Эмпайр. Шурфы для разведки из-за большой водоносности применялись в ограниченном количестве и только для контроля данных бурения. Скважины углублялись в плотик на 0,5—1,2 м.

Подсчет запасов осуществлен по способу вертикальных разрезов. Бортовые границы площади подсчета запасов проведены в пределах разведочных линий по данным бурения, а между линиями — с учетом конфигурации долинных отложений. Границы между блоками подсчета запасов проведены на половине расстояния между соседними разведочными линиями. При классификации запасы соответственно относились: к категории А<sub>2</sub> — разведанные при расстояниях между линиями 200 м и между скважинами в линии 20 м; к категории В — при расстояниях между линиями 400 м и между скважинами до 40 м; к категории С<sub>1</sub> — с расстояниями между линиями 800—1000 м и между скважинами 40 м и более. Эти расстояния являются средними величинами; практически от них имелись отклонения в сторону сокращения и в сторону увеличения.

Примером классификации запасов выдержанных россыпей группы «б» может служить схема классификации запасов дражного полигона долины одной из рек Западной Сибири, план которой изображен на рис. 290, а поперечный профиль по разведочной линии на рис. 291.

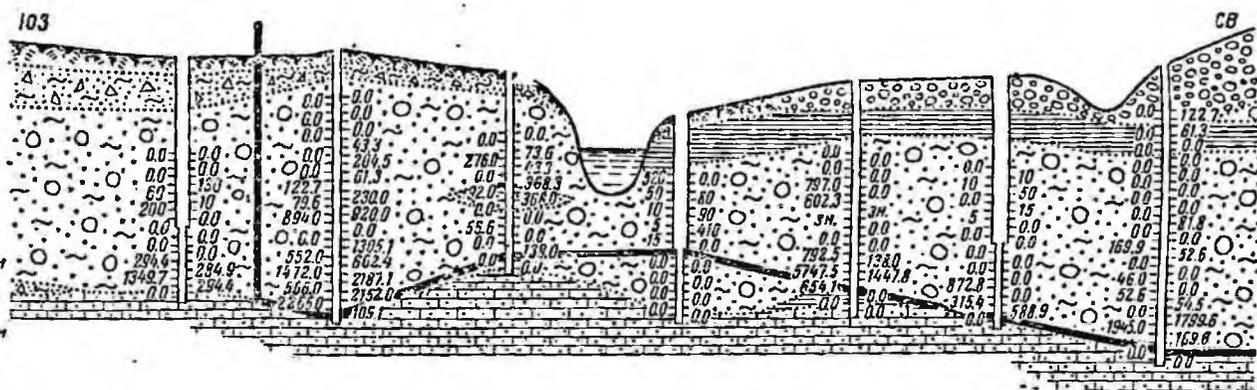
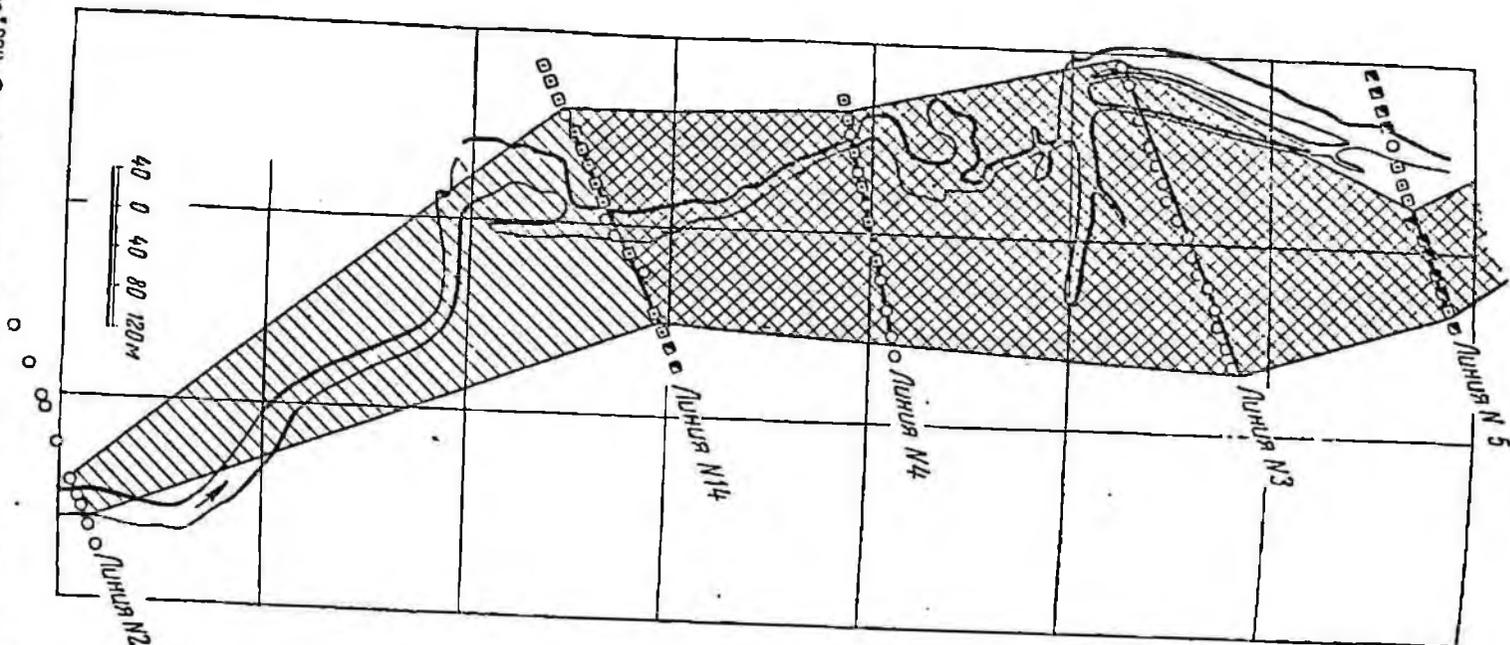
Указанная россыпь протяжением более 25 км непрерывно прослеживается от средней части до устья реки. Дражный полигон разведан на 12 450 м. Долина имеет сравнительно слабый уклон, в среднем 5—6 м на 1 км. Поперечный профиль ее характеризуется слабым развитием террас. Ширина долины от 1 км до 120—150 м, а местами до 50—60 м. Мощность рыхлых отложений от 1,5 до 9 м, в среднем 4 м. Глубина выемки в пределах дражного полигона 0,8—7,2 м при глубине черпания драги от 1 до 6,82 м. Рыхлые отложения в основном представлены серым речником, состоящим из галечника с разнозернистым песком и некоторым количеством глинистого материала.

Рудоносный пласт по своему составу не выделяется среди массы рыхлых отложений. Рудный минерал обычно приурочен к нижним горизонтальным галечникам, но иногда он рассеян по всей их толще или сконцентрирован в маломощных рудоносных пропластках, разделенных пустой породой. Среднее содержание полезного компонента по отдельным выработкам и линиям колеблется в широких пределах.



Рис. 290. Схема классификации запасов россыпн группы „6“ на плане дражного полигона

Круг — скважина; квадрат — шурф; квадрат с точкой — шурф-скважина;  
сетка — запас кит. В; штрих — запас кит. С



Номера выработок	1	2	3	6	7
Расстояние между выработками	18	20	20	17	19
Отметка устья выработки	44.62	44.73	44.18	44.00	44.40
Глубина выработки	5.80	6.40	4.80	5.60	7.20
Глубина выемки	5.60	6.20	4.40	5.00	6.80
Мощность торфяк	4.80	4.40	2.60	4.00	6.20
Мощность песков	0.80	1.80	0.60	1.00	0.40
Сред. содержание кит. пласт	536	1252	276	4362	1872
Сред. содержание на массу	94	445	64	935	142

Рис. 291. Профиль части разведочной линии № 4 дражного полигона, классификация запасов которого приведена на рис. 290

1 — растительный слой; 2 — песок; 3 — глина; 4 — суглинок; 5 — песчинки; 6 — галечник; 7 — щебень; 8 — валуны; 9 — шурф-скважина; поперечные черточки обозначают места взятия проб; цифры на чертеже, помещенные рядом, указывают содержание полезного компонента; 10 — контур отработки; 11 — геологические контуры пород

Разведка полигона осуществлялась бурением и шурфами. Бурение производилось станком Эмпайр с внутренним диаметром башмака в 93 мм. Шурфы проходились на проморозку при сечении  $1,4 \times 1,8$  м. Значительная часть недобитых шурфов была закончена бурением. Расстояние между разведочными линиями большей частью не превышает 250—500 м, некоторые же из них пройдены реже — с интервалами до 1000 м включительно. Расстояние между выработками в линиях около 20 м, в редких случаях — до 40 м.

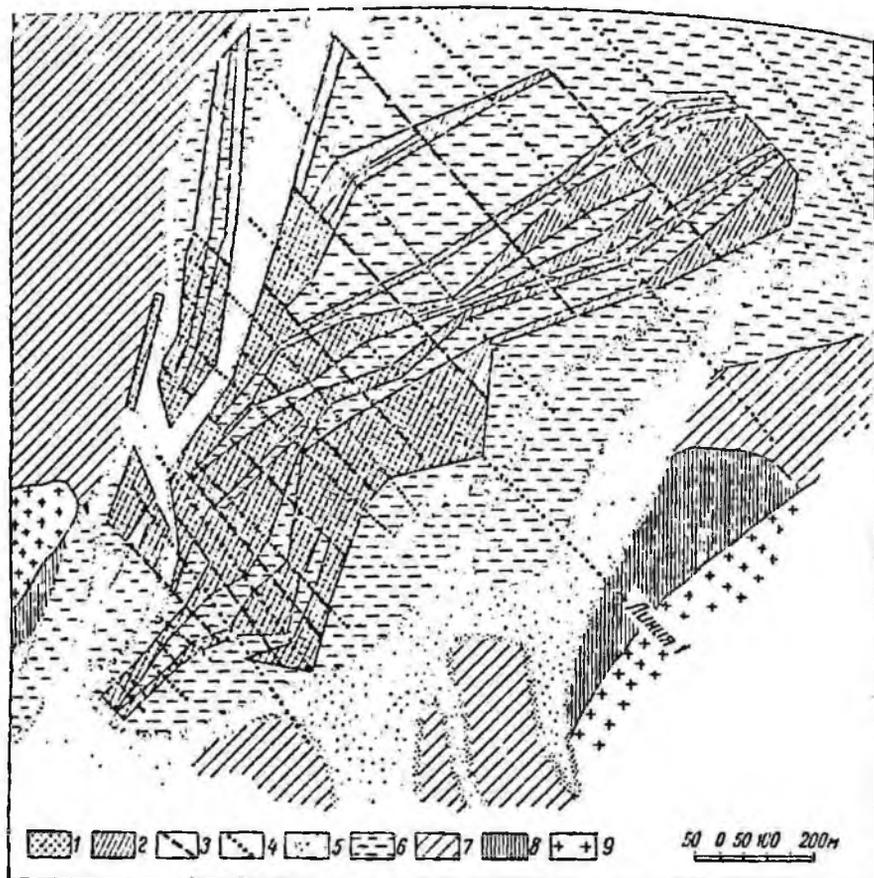


Рис. 292. Схема подсчета запасов россыпи группы «в»

1 — запасы кат. В; 2 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 3 — границы блоков; 4 — шурфы; 5 — пойменные отложения; 6 — террасовые отложения; 7 — глины; 8 — угли; 9 — базальты

Подсчет запасов осуществлен по способу вертикальных разрезов. Глубина выемки массы определялась нижней границей последнего рудоносного интервала.

К категории В относились запасы тех блоков, расстояние между линиями в которых было более 200 м при нормальном расстоянии между выработками в линиях. Поэтому запасы нижних блоков, где расстояние между линиями лежит в пределах 220—300 м, отнесены к категории В (см. рис. 290). Запасы блока верхней части, расположенного между разведочными линиями, которые отстоят друг от друга на 600 м, отнесены к категории С<sub>1</sub>.

Примером классификации запасов россыпей группы «в» является схема классификации запасов россыпи, план подсчета запасов которой

изображен на рис. 292, а один из поперечных разрезов — на рис. 293. Эта россыпь приурочена к первой надпойменной аккумулятивной террасе. Последняя лежит выше поймы на 0,5—2 м. Описываемый участок имеет длину 2,1 км и ширину, изменяющуюся в пределах от 450 до 1150 м. Характер россыпи аллювиально-пролювиальный. Мощность рыхлых отложений террасы от 3 до 6 м, в среднем 3,5 м. Продуктивный горизонт сложен грубозернистыми песками с гравием, плохо окатанной галькой и супесями, содержащими в значительном количестве гравийный материал. Мощность продуктивного горизонта россыпи колеблется от десятых долей метра до 4—5 м. Средняя мощность продуктивного горизонта для всей россыпи неравномерная. Максимальное содержание полезного компонента приурочено к грубозернистым песчано-гравийным или гравийно-галечным отложениям и к близким к ним супесям с крупнозернистыми песками и гравием.

Разведка россыпи производилась шурфами по линиям, с расстоянием между ними 100—200 м для запасов категории В и 300—400 м для запасов категории С<sub>1</sub>. Расстояние между шурфами в линиях всюду в среднем 10 м.

## 5. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

### А. Месторождения углей

#### Группировка угольных месторождений по природным факторам

В результате проведенного в последние годы большого объема геологоразведочных работ на угли и горючие сланцы при выявлении новых месторождений и угольных бассейнов возникла необходимость пересмотра существовавшей инструкции издания 1947 г. по применению классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев.

Классификация запасов твердых полезных ископаемых, изданная в 1952 г., и Положение о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения также потребовали переработки существующей инструкции. При этом была учтена целесообразность раздельного составления инструкций по углям и горючим сланцам.

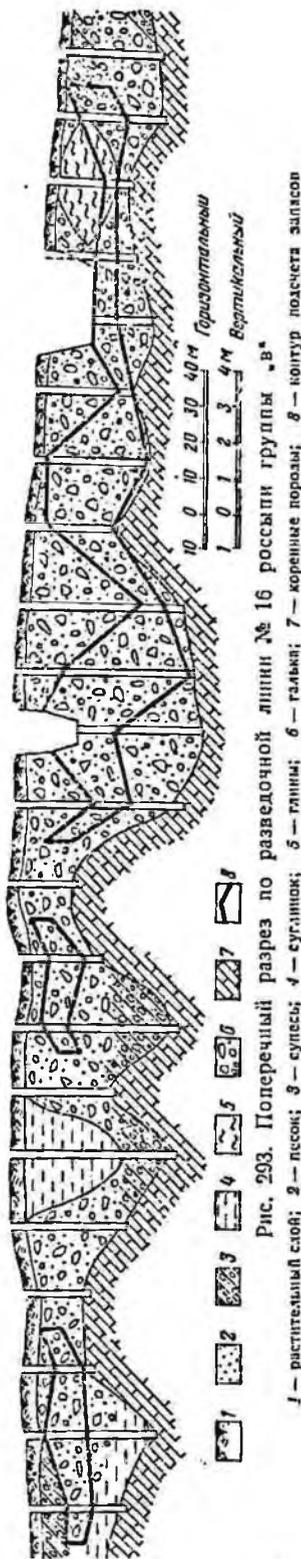


Рис. 293. Поперечный разрез по разведочной линии № 16 россыпи группы «В»

1 — растительный слой; 2 — песок; 3 — супесь; 4 — суглинок; 5 — глина; 6 — галька; 7 — коренные породы; 8 — контур подсчета запасов

Инструкция по классификации запасов углей, проект которой составлен А. В. Тыжиновым и обсужден среди широкого круга специалистов, была выпущена в свет в 1954 г. Наиболее трудным вопросом при ее составлении был раздел группировки месторождений по природным их факторам, определяющим, в конечном счете, методику разведочных работ.

Существовавшая ранее инструкция подразделяла все месторождения Советского Союза на пять групп по типам наиболее крупных месторождения промышленности бассейнов, а именно: Подмосковному, Донецкому с подгруппой Карагандинского, Кузнецкому, Челябинскому и месторождениям Дальнего Востока (подразумевался Сучанский каменноугольный район). На известном этапе изучения угольных месторождений такая группировка была правильной, так как она была ориентирована на практику разведки наиболее геологически изученных бассейнов.

При более широко поставленных разведках эта группировка потребовала существенных коррективов, поскольку были выявлены новые бассейны и месторождения, геологически отличающиеся от известных, например Южно-Уральские бурогольные месторождения с мощными залежами угля (Бабаевское, Ворошиловское и др.), Убаганский и Майкюбенский бурогольные бассейны в Казахстане, Южно-Якутский каменноугольный бассейн в Якутии и многие другие.

Группировка месторождений с выделением целых бассейнов, например типа Донбасса, Кузбасса, Караганды, неправильна, так как во всех этих бассейнах имеются месторождения и районы, существенно отличающиеся друг от друга по условиям залегания угленосных комплексов пород и требующие совершенно различного подхода при их разведке. Так, например, Самарский район Западной части Донбасса с моноклиinally и сравнительно спокойно залегающими угленосными отложениями не может быть сравнен со сложно геологически построенным Родаково-Юрьевским районом или северным районом мелкой складчатости Донбасса.

В Кузбассе, в Анжеро-Судженском районе и частью в Присалаирских месторождениях Прокопьевско-Киселевского района существуют очень сложные структурно-геологические условия, характеризующиеся крутыми, почти вертикальными, а иногда узкими складками, разорванными большим количеством взбросовых нарушений. Наряду с этим в Ленинском районе ближе к центральной части бассейна развиты крупные складки со сравнительно спокойным залеганием их крыльев, позволяющие разведывать месторождения этого района по редкой сети скважин.

В Карагандинском бассейне имеются участки и районы со сравнительно спокойным залеганием угленосных отложений и со сложной тектоникой, как, например, Чурубай-Нурийский район.

Эти обстоятельства побудили искать более четкие критерии для обоснования группировки угольных месторождений по признакам одинаковой методики их разведки и классификации запасов.

В угольных месторождениях решающими факторами для разведки являются: структура месторождения (геологическое строение участка, условия залегания пород) и характеристика пластов или залежей угля (мощность, строение, качество и их устойчивость). Эти же факторы являются наиболее важными для геологопромышленной оценки месторождения и определения горнотехнических условий при проектировании промышленного освоения, вскрытия и разработки месторождения.

Исходя из этого, в инструкции 1954 г. в качестве основного принципа было принято разделение угольных месторождений на три основные группы: с пологим, складчатым и сложно складчатым залеганием угленосных отложений.

I группа. Месторождения с горизонтальным или очень пологим залеганием платформенного или близкого к нему типа — бассейны Под-

московный, Канско-Ачинский, Иркутский, Южноуральский, Днепровский и т. п. К этой группе относятся месторождения с пластообразными или линзообразными недислоцированными угольными залежами с нечетко выраженными элементами залегания и простой или сложной гипсометрией. Разведка этих месторождений производится по прямоугольной сети разведочных выработок.

**II группа.** Месторождения, приуроченные к простым складчатым структурам, — основные структуры Донбасса, Львовско-Вольский район, Ленинское месторождение Кузбасса, Минусинский бассейн и т. п. К этой группе относятся месторождения простого геологического строения с крупными мало нарушенными складчатыми структурами, характеризующиеся четкими элементами залегания угленосных отложений. Разведка месторождений этой группы производится с расположением разведочных выработок по линиям, ориентированным вкрест простирания угольных пластов или перпендикулярно к осям складок.

**III группа.** Месторождения со сложными складчатыми структурами, нарушенные — Сучанское и Егоршинское месторождения, Анжеро-Судженский район Кузбасса и т. п. К этой группе относятся месторождения со сложным геологическим строением, нарушенные, с блочной структурой, характеризующиеся резкими изменениями элементов залегания угленосной толщи. Разведка таких месторождений производится также с расположением разведочных выработок по линиям вкрест простирания угленосной толщи, но при значительном сгущении их на линиях и сокращении расстояний между линиями.

Генетически две последние группы относятся к геосинклинальному или переходному типу.

Такая группировка по геологической структуре включает все известные в настоящее время месторождения углей.

По признакам устойчивости угольных пластов, оцениваемых по выдержанности мощности, строения и качества угля, а также по наличию переходов от рабочей мощности к нерабочей и от кондиционного по качеству угля к некондиционному выделяют следующие главнейшие типы:

а) пласты устойчивые, выдержанные на всей площади шахтного поля или месторождения по мощности, характеру строения и качеству угля; участки с нерабочей мощностью пласта и некондиционным качеством угля отсутствуют, колебание мощности относительно средней не должно превышать 25—30%;

б) пласты относительно устойчивые, характеризующиеся изменчивыми мощностью, строением или качеством угля при условии, что эти изменения не выходят за пределы установленных кондиций;

в) пласты неустойчивые, характеризующиеся значительной незакономерной изменчивостью мощности, строения или качества угля, выходящих за пределы кондиций; линзообразные залежи небольших размеров.

По угленасыщенности различают месторождения с низкой угленосностью, характеризующиеся одним или несколькими разрозненными маломощными пластами, и угленасыщенные с многочисленными часто сближенными пластами рабочей мощности или с одним или несколькими мощными пластами. Месторождения с низкой угленасыщенностью, как правило, требуют более тщательной разведки, чем месторождения со значительной угленасыщенностью.

Независимо от характера угленосности и тектонических условий различают месторождения открытые с облажающей угленосной толщей и неглубоким залеганием пластов угля и закрытые, где угленосная толща которых скрыта покровными отложениями различной мощности, с глубоким залеганием пластов угля.

Попытка более дробного построения схемы группировки месторождений угля пока что не получила признания геологов, поскольку для прак-

тических целей разведки многочленное разделение месторождений создает известные трудности при определении методики разведки и размеров сети разведочных выработок для каждого отдельно выделенного типа месторождений.

Более подробная характеристика отдельных групп угольных месторождений по геолого-структурным признакам будет приведена ниже при рассмотрении наиболее типичных примеров классификации запасов по месторождениям и шахтным полям этих групп.

### Использование углей и требования промышленности к изучению их качества

Ископаемые угли по составу материнского вещества подразделяются на гумусовые, сапропелевые и липтобиолиты. Более широко распространены гумусовые угли, которые петрографически представлены блестящими и матовыми разностями. В большей части эти разности, переслаиваясь, дают полосчатые угли; реже встречаются пласты угля, сложенные целиком какой-либо одной петрографической разновидностью. Природные типы углей определяются составом материнского вещества и степенью последующего изменения угля, обязанного сложнейшим процессам его метаморфизма. В результате этих процессов угли изменяются от бурых до антрацитов. Степень метаморфизма и петрографический состав углей определяют химические и технологические свойства, а также то или иное направление использования их в промышленности.

Бурые угли разделяются на угли с низкой и высокой степенью метаморфизма; последние представляют собой переходные угли к каменным. Каменные угли принято подразделять на следующие основные типы: длиннопламенные (Д), газовые (Г), паровично-жирные (ПЖ), коксовые (К), паровично-спекающиеся (ПС), тощие (Т) и антрациты (А), которые, в свою очередь, в отдельных бассейнах подразделяются на дополнительные подтипы, характерные для определенного качества углей этого бассейна. Следует иметь в виду, что степень метаморфизма или углефикации определяет большинство из важнейших свойств углей как физических, так и химико-технологических.

Ископаемые угли наиболее широко используются для сжигания в паровозных и пароходных топках, на электростанциях и в бытовых печах с целью производства тепловой энергии, получения пара, электричества, отопления жилых и производственных зданий и сооружений. Основным показателем для использования углей в качестве энергетического топлива является достаточная теплота сгорания и зольность. Кондиции для энергетических углей обычно устанавливаются по зольности, так как теплота сгорания угля находится в непосредственной зависимости от нее. Кроме того, эти угли должны быть охарактеризованы по влажности, выходу летучих веществ, спекаемости, составу и плавкости золы, термостойкости, гранулометрическому составу, содержанию серы и, в необходимых случаях, обогатимости, что имеет значение для выбора системы сжигания, размеров топки, типа колосников, определения транспортабельности, условий хранения, необходимости брикетирования и решения других вопросов рационального использования углей в народном хозяйстве. Определение влажности угля производится при рабочем его состоянии или вместо этого определяется максимальная влагоемкость угля; полученные результаты обычно близки к показателям влажности товарного угля.

Очень важным производством является коксование угля (высокотемпературная сухая его перегонка) с целью получения ценного продукта для металлургии — кокса. Доменный или металлургический кокс является

топливом для домен и играет роль химического реагента для восстановления железа в шихте.

Основными требованиями к углям, идущим на коксование, являются способность спекаться с образованием достаточно прочного крупнокускового пористого кокса и низкое содержание вредных примесей — золы, серы и фосфора. Зола является дополнительным балластом при доменной плавке, понижающим ее производительность. В зависимости от состава зола может быть самоплавкой. Для шлакообразования необходимо добавочное количество флюсов; поэтому наряду с общим содержанием золы имеет значение и ее состав.

Сера при коксовании в значительной части переходит в кокс, а из него при доменной плавке — в чугун, понижая его качество. В соответствии с этим для различных сортов кокса устанавливается соответствующее содержание серы. Для плавки цветных металлов содержание серы в коксе не лимитируется.

Фосфор при доменной плавке переходит в чугун, понижая его качество. Поэтому, за исключением случаев плавки фосфористых руд, устанавливается предельное содержание фосфора в коксе.

Дополнительными показателями для оценки коксующегося угля являются давление вспучивания при коксовании и конечная усадка, которые имеют значение для подбора шихты. Угли с большим давлением вспучивания и безусловными разрушают кладку коксовых печей и поэтому должны шихтоваться с углями усадочными.

В настоящее время коксовая промышленность, как правило, применяет для коксования шихту, состоящую из нескольких компонентов, что позволяет так подобрать ее состав, чтобы обеспечить высокое качество кокса. Наиболее ценным компонентом шихты являются угли марки К с хорошей спекаемостью, дающие самостоятельно кокс высокого качества, а также жирные угли марки ПЖ, представляющие в шихте плавкую основу, и угли марки ПС ( $K_1$  —  $K_2$ ) в качестве тошей присадки к жирным углям. В целях экономии дефицитных марок коксовых и жирных углей используются газовые, частично заменяющие угли марки ПЖ, и тощие, заменяющие угли марки ПС.

Производство жидкого топлива из углей осуществляется различными методами: полукоксования, гидрирования и синтеза из газа. Основными показателями оценки углей для полукоксования являются процент выхода смолы, ее состав и физические свойства, спекаемость угля и качество полукокса. В процессе полукоксования спекание является отрицательным свойством, требующим более сложной конструкции печей. Низкая зольность обеспечивает рентабельное использование полукокса. Практически для полукоксования могут быть использованы гумусовые угли от бурых до газовых, а также сапропелиты и липтобиолиты при выходе первичной смолы не менее 10—12%.

Для гидрирования применяются угли невысокой степени метаморфизма (бурые — длиннопламенные). Одним из основных требований к углям, предназначенным для гидрирования, является низкая зольность (до 4%) и высокое содержание водорода. Для переработки угля на жидкое топливо методом синтеза из газа применяются любые марки углей от бурых до антрацитов при условии соответствия их требованиям, предъявляемым к газогенераторному топливу.

Для получения из углей горючего газа возможно использование любых углей, от бурых до антрацитов. Однако для генераторов наиболее благоприятными являются неспекающиеся марки при небольшом содержании мелочи и достаточной термической стойкости.

Ископаемые угли применяются также для различных специальных целей, например извлечение горного воска из бурых углей, изготовление электродов из антрацитов, применение отдельных сортов угля в литейном

Наименование угольного бассейна, района, месторождения	Марка угля	Наименьшая мощность пласта угля		Наибольшее содержание золы (Ас.) %
		при пологом залегании	при крутом залегании	
Донецкий бассейн	Д-ПС Т-А	0,60—0,45 0,60	0,45	45
Подмосковный бассейн	Б	1,10	—	30
Днепропетровский бассейн	Б	0,90	—	45
Западня Украины	Г	0,50	—	40
Тыбгульское месторождение	Г-ПЖ	0,60	0,50	40
Тавричальское месторождение	Г-ПЖ	0,60	0,50	45
Атальинское месторождение	Б	0,70	—	50
Кизеловский бассейн	ПЖ-Д	0,60	0,45	45
Егершинское месторождение	А	0,60	0,50	45
Буданаш-Елкиский район	Г	0,70	0,60	40
Богословско-Веселовский район	Б	0,70	0,60	40
Волчанское месторождение	Б	0,70	—	45
Челябинский бассейн	Б	0,70	0,60	45
Южно-Уральский район (Куюргазинское, Бабаевское, Ворошиловское и др.)	Б	1,00	—	40
Карагандинский бассейн	Г-К-ПС Б	0,60 0,70	0,50	35 40
Экибастузское месторождение	СС	1,00	1,00	45
Сузунское месторождение	Б	0,70	—	40
Анженское, Ленгерское, Шурабское, Кизыл-Кийское месторождения	Б	0,80	—	40
Раватское месторождение	К, ПЖ, Г	1,00	0,5	35
Кок-Ялгакское, Нарынекое, Туюкское и Карагашское месторождения	Д	0,60	0,50	40
Шаргунское месторождение	К	0,60	0,50	40
Кугитлигское месторождение	Т	0,60	0,50	40
Байсунское месторождение	ПС	0,60	0,50	40
Кузнецкий бассейн	Д-К-А	0,70	0,60	40
Минусинский бассейн	Д	0,70	—	40
Канский бассейн	Б	1,00—2,00	—	25—40
Иркутский бассейн	Д	0,70	—	40
Букачинское месторождение	Д и Г	0,60	0,50	40
Черновское месторождение	Б	0,90	—	40
Арбагаро-Холбонское месторождение	Б	0,90	0,70	40
Харанорское месторождение	Б	2,00	—	35
Тарбагатайское месторождение	Б	0,90	0,70	40
Гусиноозерское месторождение	Б	0,90	0,70	40
Буренский бассейн	Г	0,60	0,50	40
Кивдорайчихинское месторождение	Б	1,00	—	40
Тавричанское месторождение	Б	0,70	—	40
Подгородненское месторождение	Т	0,70	—	40
Ворошиловское месторождение	СС	0,70	—	45
Липовецкое месторождение	Д	0,70	—	40
Сучанский район	Д-ПЖ Т	0,60 0,60	0,50 0,50	45 40
Артемонское месторождение	Б	1,0	—	40
Остров Сахалин	Т-Д Б	0,60 0,70	0,50 0,70	40 40

деле и т. д. В каждом отдельном случае к углям, предназначенным для такого использования, предъявляют те или иные требования.

Все коксующиеся угли зольностью выше 7% товарного угля, а энергетические угли свыше 10% подлежат обогащению.

Промышленные организации предъявляют ко всем углям определенные требования (кондиции), касающиеся, с одной стороны, условий залегания угольных пластов, определяющих целесообразность их разработки и, с другой стороны, — качества угля, определяющего возможность и направление использования его в промышленности.

На основании соответствия требованиям (кондициям) промышленности запасы угля разделяют на две группы: балансовые, удовлетворяющие промышленным кондициям по качеству и торнотехническим условиям эксплуатации, и забалансовые, которые в настоящее время не удовлетворяют этим требованиям, но могут рассматриваться как объект промышленного освоения в дальнейшем.

Промышленные кондиции устанавливаются соответствующими ведомствами на основании технико-экономических расчетов, исходя из условий эксплуатации и переработки полезного ископаемого. Основными признаками для отнесения запасов угля к балансовым или забалансовым являются: мощность, строение, условия залегания угольного пласта и качество угля. В практике при проектировании, разработке и учете запасов в угольной промышленности существуют следующие укрупненные показатели по наименьшей мощности пластов и зольности углей (табл. 75).

Для забалансовых запасов установлены нижние пределы: по мощности пластов каменных углей 0,40 м, бурых углей 0,50 м и по качеству угля — зольность на абсолютно сухое топливо 50%.

Запасы углей обычно учитываются с подразделением по зольности угля на следующие группы: до 30%, от 30 до 40%, от 40 до 45% и от 45 до 50%.

Пласт простого строения состоит из одного слоя угля с отсутствием прослоев пород. При наличии в пласте прослоев породы пласт называется сложным. К прослоям относятся также и угли (многозольные), не удовлетворяющие установленным выше нормативам качества угля. Все слои (пачки) угля, отделенные от основного пласта прослоем породы, могут быть отнесены к пласту в случае, если мощность отделяющего прослоя не превышает мощности отделяемого им угольного слоя (пачки). Таким образом, рабочим пластом угля простого строения называется слой угля, удовлетворяющий наименьшей мощности пласта и нормативу качества угля. Если отделяющий прослой породы превышает 1 м, пласт считается самостоятельным.

Качественные показатели для пластов угля сложного строения определяются по пластово-дифференциальным пробам средневзвешенным методом с учетом мощности слоя (пачки) угля, части прослоев породы (засорение) и их удельного веса.

Определение засорения угля производится в соответствии с табл. 76.

Таблица 76

Мощность прослоев породы для расчетов засорения

Мощность прослоев, м	Наибольший % мощности прослоев	
	при устойчивых породах	при слабо устойчивых породах
Менее 0,05	60	100
От 0,05 до 0,20	20	50
Более 0,20	10	30

Засорение от прослоев пород более 0,05 м определяется путем суммирования засорений по каждому интервалу.

Общая зольность угля по пласту в целом не должна превышать установленную нормативами.

Зольность угля для пластов сложного строения определяется следующим образом:

$$A^c = \frac{M_1 d_1 A_1^c + M_2 d_2 A_2^c \dots + M_n d_n A_n^c}{M_1 d_1 + M_2 d_2 + \dots + M_n d_n}, \quad (268)$$

- где  $M$  — мощность угольных пачек или части прослоев породы;  
 $d$  — удельный вес угольной пачки или прослоя породы;  
 $A^c$  — зольность угольной пачки или породы на абсолютно сухое топливо;  
1, 2... $n$  — порядковое обозначение угольных пачек или частей прослоев породы.

В последнее время введены некоторые дополнения к указанным выше нормативам, в частности в Подмосковном бассейне, где при подсчете запасов допускается включение внутрипластовых пачек углей с зольностью от 45 до 55%, если средневзвешенная зольность на сухое топливо в различных точках по площади распространения пласта угля с учетом засорения от прослоев пород не будет превышать 45%. При наличии благоприятных горнотехнических условий (устойчивые кровля и почва, хорошая возможность очистки забоев) угольной промышленностью оставлена возможность уточнения нижнего предела мощности пласта угля, исходя из конкретных условий вскрытия пласта горными выработками шахты. При подсчете запасов угля в бассейне допускается исключение из числа балансовых запасов угля в небольших изолированных линзах и в обособленных пачках угля, залегающих в кровле или почве пласта, если их разработка по горнотехническим условиям или экономическим факторам нецелесообразна. Исключение таких запасов из балансовых производится по согласованию разведочной организации и эксплуатационного комбината.

Для месторождений Подмосковного бассейна, характеризующихся сложными гидрогеологическими условиями, в зависимости от возможной производственной мощности шахт в 100, 200, 300, 450, 600 и 900 тыс. т в год при напоре вод фундамента на почву пласта угля до 60 м, соответственно притоки воды в шахту не должны превышать 300, 1200, 1800, 2500, 3500 и 5000 м<sup>3</sup>/час. При напоре вод фундамента на почву пласта в 60—120 м притоки воды могут достигать от 1000 до 4000 м<sup>3</sup>/час.

Кроме кондиций по мощности и зольности, в отдельных случаях устанавливаются дополнительные требования по другим показателям, например по выходу и качеству концентрата, содержанию серы, выходу первичной смолы и т. д., определяющие в основном возможность использования угля в различных отраслях промышленности.

Для углей, используемых как энергетическое топливо, в зависимости от потребителей существуют специальные технические требования, в которых предусматриваются сортность по зольности, выходу летучих веществ, величине кусков. Нормируется содержание мелочи, а также температура жидкоплавкого состояния золы. Для специальных шахтных металлургических печей требуется высокая термическая стойкость и плотное сложение угля.

Все ископаемые угли классифицируются более подробно по маркам и технологическим группам. Наиболее распространенной является маркировка, принятая для углей Донецкого бассейна, применяемая и для углей других бассейнов и месторождений, характеризующихся близким с донец-

ким петрографическим составом. Для коксующихся углей Кузнецкого, Карагандинского, Печорского и Кизеловского бассейнов имеются свои технологические группировки, изложенные в соответствующих ГОСТ.

### Требования к методике разведки и изучению месторождений

Природные особенности угольных месторождений и основные элементы методики их разведки. Благоприятными природными особенностями и своеобразием месторождений углей, резко отличающим их от некоторых месторождений других полезных ископаемых, является широкое площадное распространение угленосных отложений, достигающих десятков и иногда даже сотен квадратных километров. Объясняется это региональным характером угленакопления, приуроченностью пластов и залежей угля к определенным геологическим отложениям, возможностью их сравнительно точной стратификации, выдержанностью этих угленосных свит и толщ, или даже небольших горизонтов, а иногда и пластов угля на значительные расстояния.

Высокая угленасыщенность, связанная с большим количеством пластов угля, создает условия для концентрации крупнейших его запасов, измеряющихся десятками миллиардов тонн в некоторых геологических регионах СССР, как например, в Донецком, Кузнецком, Тунгусском, Печорском, Канско-Ачинском и многих других угольных бассейнах и районах.

Такой региональный характер расположения угольных месторождений позволяет уже в самой начальной стадии геологического изучения района определить основные стратиграфические, литологические, тектонические и другие предпосылки, характеризующие наличие угленосных отложений. В последующем для открытых месторождений распространение угленосных отложений уточняется по известным поисковым признакам угольных месторождений — нахождением выходов угля, угольной гальки, сажки, высыпок угля, горелых пород, «кучерявчиков», растительных остатков и т. д. Для закрытых месторождений угленосные отложения, залегающие на значительных глубинах и перекрытые плащом более молодых осадков различной мощности, могут быть изучены лишь при помощи поисковых, структурных и разведочных скважин, а также путем применения геофизических методов разведки.

В том и в другом случае хорошая геологическая карта, составленная в результате проведения геологосъемочных и геофизических работ, разработанная стратиграфия, расшифрованные элементы структуры, достаточно подробное описание литологии угленосной толщи являются основным залогом правильного выбора методики разведки месторождения. В начале разведочных работ восполняется все, что еще недостаточно известно по данным геологического картирования и проведенных поисковых работ в части полноты изучения разреза угленосной толщи, характера угленосности (количества пластов угля, их мощности и качества) и строения месторождения. Все это может быть получено путем детального изучения естественных выходов и создания искусственных обнажений проходкой канав или буровых скважин с целью получения полного (непрерывного) геологического разреза продуктивных отложений.

На основании тщательного анализа всех собранных данных представляется возможным в первом приближении определить основные элементы методики разведки угольных месторождений и выбрать направление опорных геологических разрезов, по данным которых уточняются расстояния между линиями и выработками последующих предварительной и детальной разведок. Проходка опорных разрезов помогает также

точнее определить порядок постепенного сгущения выработок на разведываемой площади в зависимости от характера структуры и угленосности изучаемой толщи пород.

В условиях горизонтального залегания углей, например в Подмосквонном бассейне, опорные разрезы получают при проходке линий залежей, что дает возможность определить основные и характерные черты условий залегания углей, их контуры, а также наметить разведочную сеть скважин и порядок ее сгущения. Для этих условий, когда необходимо с особой точностью определить гипсометрию пластов угля, наиболее приемлемой является квадратная или прямоугольная сеть разведочных выработок, расстояния между которыми определяются степенью угленосности месторождения и устойчивости пластов угля. Тип выработок определяется в зависимости от глубины залегания пластов угля, условий рельефа и обводненности месторождения.

Для месторождений углей, сложенных в складки с наличием разрывных дислокаций, практически установилась разведка путем проходки скважин и других выработок (шурфов, дудок, канав) по разведочным линиям вкрест простирания угленосных пород. Расстояния между линиями определяются в зависимости от сложности тектонического строения месторождения, устойчивости пластов угля и точности их увязки в разрезах по линиям. Расстояния между скважинами на линиях принимаются с учетом необходимости подсечения каждого пласта угля на крыле складки и в каждом тектоническом блоке не менее двух раз.

Основным требованием при разведке угольных месторождений является необходимость получения непрерывного геологического разреза по каждой разведочной линии, что гарантирует правильную увязку разреза угленосной толщи, отдельных пластов, нарушений и других структурных элементов месторождения.

Методика разведки угольных месторождений, тип разведочных выработок, система их расположения и расстояния между ними зависят от многих факторов, главнейшими среди которых являются:

а) тектоника месторождения и условия залегания пластов, определяющие выбор системы расположения выработок (по квадратной или прямоугольной сети, по разведочным линиям), направление разведочных линий и расстояния между выработками;

б) устойчивость пластов по их мощности, строению и качеству, решающая выбор расстояний между выработками;

в) степень угленосности месторождения — количество, мощность пластов и расстояния между ними, — определяющая длину разведочных выработок или их глубину, а также расстояния между ними;

г) общая изученность бассейна или месторождения, а также опыт разведки смежных площадей, позволяющие выбрать наиболее рациональную сеть разведочных выработок. Особое значение имеет в этом отношении использование геологических материалов, полученных при эксплуатации верхних горизонтов; во многих случаях эти материалы позволяют оценивать нижние горизонты по относительно небольшому количеству дополнительных разведочных выработок;

д) условия рельефа и обнаженности разведываемой площади, глубина залегания пластов, характер и мощность покровных отложений, мощность зоны выветривания и обводненность, определяющие возможность проведения разведки с поверхности горными выработками — канавами, шурфами, дудками, штольнями — и непосредственного изучения месторождения по естественным обнажениям;

е) задачи, поставленные перед разведкой, и назначение угля, определяющие направление и глубину разведки, а также методику опробования

На основании накопившегося за многие годы практического опыта разведки многочисленных и разнообразных по своему строению месторождений угля СССР, а также сравнительного анализа отработываемых промышленностью шахтных полей, в 1954 г. были рекомендованы примерные расстояния между разведочными выработками и линиями этих группировкой их.

Для месторождений с горизонтальным, а также очень пологим залеганием, обычно разведываемых сетью выработок (квадратной или прямоугольной), в зависимости от устойчивости пластов угля принимаются следующие расстояния между разведочными выработками (табл. 77).

Таблица 77

Расстояния между выработками при разведке пологозалегающих месторождений углей

Характер устойчивости пластов	Расстояния между выработками, м	
	для категории А <sub>2</sub>	для категории В
Пласты устойчивые	350	700
• относительно устойчивые	250	500
• неустойчивые	170	350

Для месторождений складчатых, разведываемых по линиям, расстояния приведены в табл. 78.

Таблица 78

Расстояния между линиями при разведке складчатых месторождений углей

Месторождения и характер устойчивости пластов угля	Расстояния между разведочными линиями, м	
	для категории А <sub>2</sub>	для категории В
Месторождения, приуроченные к простым складчатым структурам:		
пласты устойчивые	1000	2000
• относительно устойчивые	500	1000
• неустойчивые	250	500
Месторождения, со сложными складчатыми структурами, нарушенные:		
пласты устойчивые	250	500
• относительно устойчивые	125	250
• неустойчивые	Разведываются в процессе эксплуатации	125

В приконтурных зонах и на границах с нерабочей мощностью пласта или залежи угля сеть скважин сгущается с целью более точного построения контура.

На участках, пригодных для открытой добычи угля, сеть разведочных выработок дополнительно сгущается для уточнения гипсометрии пласта, мощности и состава вскрышных пород, а также установления границ карьера.

Помимо скважин основной сети, по мере надобности для уточнения геологической структуры и выходов пластов угля проходятся дополнительные скважины между линиями.

Достижение однозначной увязки пластов угля и одновариантного геологического разреза является основным требованием разведки и обесследочной линии перекрытого (непрерывного) разреза. При достаточной четкой увязки пластов угля сеть выработок или отсутствию линий сгущается по всему разрезу угленосной толщи или разведочных трудноувязываемой части ее с прослеживанием пластов угля только по терrierой их группы дополнительными разведочными выработками по характеристикам и, если это необходимо, по падению.

Проще определять необходимую густоту разведочной сети на однопластовом месторождении и труднее — на многопластовом. В последнем случае при выборе системы расположения разведочных выработок следует учитывать, прежде всего, соотношение устойчивых, относительно устойчивых и неустойчивых пластов угля, особенно последних, а также их взаимное положение в разрезе угленосной толщи и в зависимости от этого решать вопрос о методике разведки.

На многопластовых месторождениях нельзя допускать недоразведанность неустойчивых пластов угля, особенно если они залегают в верхней части разреза, подлежащей вскрытию в первую очередь. Если неустойчивые пласты угля залегают ниже устойчивых, они могут быть разведаны с меньшей детальностью с отнесением их запасов к категориям В, С<sub>1</sub>, а может быть и С<sub>2</sub>.

Геологам-разведчикам следует ориентироваться на разведку не только «целевых» и «основных» пластов угля, но и «второстепенных» и «неосновных», которые в последующем при эксплуатации зачастую оказываются пластами угля с рабочей мощностью, требующими дополнительной разведки, а иногда и полной их переразведки.

Тщательно продуманная методика разведки является очень важным фактором, обеспечивающим целесообразно необходимое для промышленного освоения месторождения или участка распределение подготовленных запасов категорий А<sub>2</sub>, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> особенно по глубине (горизонтам будущей разработки).

Запасы категорий А<sub>2</sub> и В должны быть подготовлены именно на тех двух-трех горизонтах месторождения, которые будут отрабатываться в ближайшее время. Запасы углей на более глубоких горизонтах, отработка которых будет производиться спустя многие годы, могут быть разведаны по более низким категориям. Одновременно с этим следует в каждом отдельном случае учитывать индивидуальные особенности разведываемого месторождения и прежде всего его геологическую структуру. Так, например, при наличии синклинали складки нужно знать более или менее точно ее пространственное положение (погружение осевой линии и изменение углов падения крыльев складки), так как небольшие изменения этих параметров на глубине могут существенно изменить предполагаемое количество запасов, а следовательно, и промышленные перспективы месторождения. Наличие крупных дизъюнктивных нарушений требует изучения характера и положения их на глубине (амплитуда смещения, угол падения плоскости сместителя, характер разрыва сплошности), что позволит оценить горнотехнические условия отработки запасов углей в зонах нарушений и внести соответствующие коррективы в количество запасов и их распределение по категориям разведанности.

В обоих рассмотренных случаях потребуются бурение дополнительных скважин для уточнения ряда геологических факторов, имеющих решающее значение при геолого-промышленной оценке месторождения. В случае моноклиналиного залегания угленосной толщи, или наличия антиклинальной складки основные элементы залегания структуры выясняются довольно точно уже при разведке верхних горизонтов месторождения.

Приведенные примеры не исчерпывают, однако, всего огромнейшего

многообразия геологических форм в природе, что заставляет в каждом конкретном случае при выборе методики разведки учитывать своеобразие геологического строения месторождения.

**Буровые скважины, горные выработки и их документация.** При разведке угольных месторождений преимущественное положение занимает механическое колонковое бурение, скважинами которого разведываются все месторождения углей. Этот тип бурения является наиболее производительным и при высоком выходе керна дает достаточно представительный геологический материал, необходимый для расшифровки структуры, состава угленосных толщ, а также характеристики мощности, строения и качества пластов углей.

Существенно важным является полноценный отбор керна (выход керна) по всему комплексу пород угленосной толщи и, особенно, по углям. В связи с этим при разведке следует особо тщательно определять наиболее точно интервалы встречи пластов угля и их контактов с породами почвы и кровли, добиваясь максимального выхода керна. Для повышения выхода керна по углям рекомендуется использовать все известные технические возможности.

Одновременно с этим, учитывая специфические особенности угля, особенно его блестящих разностей, заключающиеся в хрупкости и легкой разрушаемости его при бурении, все скважины должны контролироваться при помощи каротажа для наиболее точного установления контактов пластов угля, их мощности и строения. В целях проверки достоверности каротажных данных, а также контроля качества угля применяют боковые стреляющие грунтоносы. Прострелы обычно производят в интервалах с недостаточно убедительными данными бурения или каротажа, а также там, где эти данные резко не совпадают. Рекомендуется не делать одиночных прострелов, а располагать их группами через 10—15 см друг от друга, проверяя интервал всей мощности пласта с заходом в породы кровли и почвы.

На тех угольных месторождениях, где правильность показаний каротажа по определению мощности и структуры угольных пластов подтверждена фактическими данными по горным выработкам или буровым скважинам, каротажные данные могут служить основанием для определения мощности и строения угольных пластов.

При значительных глубинах разведочных скважин необходимо производить замеры зенитных и азимутальных искривлений скважин не менее чем через 50 м.

Документация каротажа, данные бурения и контрольных прострелов должны быть тщательно проанализированы и в случае резких несогласий между ними в глубинах, мощностях пластов углей и их строении соответствующие интервалы угленосной толщи необходимо проконтролировать путем дополнительного каротажа, прострелов грунтоносом или искривления скважин, а может быть, проходкой новой скважины.

Каротажные данные используются также для изучения разреза угленосной толщи, более полной увязки и параллелизации отдельных горизонтов или пластов и установления возможного применения бескернового бурения по безугольной части разреза пород месторождения. Данные бурения и каротажа для контроля и оценки целесообразно сопоставлять с материалами, получаемыми в процессе последующих горноэксплуатационных работ.

Горноразведочные выработки — канавы, дудки, шурфы, штольни — применяются лишь на месторождениях углей открытого типа или перекрытых наносами небольшой мощности.

При помощи этих выработок устанавливаются: точное положение выходов пластов угля на поверхность земли или под перекрывающие их рыхлые отложения, детали и характер отдельных структурных элемен-

тов — осевых частей складок, дизъюнктивных нарушений, зон смятия и других элементов, характеризующих условия залегания, — и состав изучаемого разреза угленосной толщи.

В комплексе со скважинами мелкого бурения этими же горными выработками производится прослеживание пластов угля по простиранию.

При значительной мощности покровных отложений изучение геологического строения поверхности месторождения, особенно в части определения положения выходов пластов угля и принципиально важных определенных элементов, проводится в меру возможности проходкой структурных мелких скважин по разведочным линиям в интервалах предполагаемых выходов пластов угля.

Глубокие шурфы, штольни, уклоны и шахты проходятся обычно с целью изучения качества углей и отбора крупных проб угля для полу- заводских и заводских испытаний.

При проведении разведки нужно обеспечить своевременную, систематическую и тщательную документацию всех разведочных выработок и скважин с подробным литологическим описанием вскрытых пород и углей, замерами элементов залегания, фиксацией нарушенных зон, зон смятия, клизажа, отбором флоры и фауны, образцов и проб для исследований.

Все естественные обнажения коренных пород на площади разведочных работ должны быть тщательно задокументированы и использованы при составлении геологической карты и соответствующих разрезов. Находящиеся на площади разведываемого месторождения основные горно-эксплуатационные выработки действующих и строящихся шахт и разрезов (квершлаги, основные штреки) необходимо полностью охватить детальной геологической документацией, используя эти данные при геологических построениях, характеристике пластов угля и структуры месторождения, с целью анализа и сопоставления этих материалов с данными разведки для оценки качества и представительности последней.

Кроме точного фиксирования всех геологических фактов при изучении угольного месторождения, тщательного и кропотливого сбора их в процессе разведочных работ, необходима полная их обработка с целью наиболее точного установления геологического строения и создания геологической истории формирования месторождения. При камеральной обработке данных разведки и оформлении материалов по определению запасов месторождения нужно точно изображать на картах и разрезах наблюдаемые факты, избегая необоснованной «рисовки» выходов пластов угля, структурных элементов, отдельных нарушений.

Углубленная обработка материалов первичной геологической документации, хорошо составленные геологическая карта и разрезы по месторождению позволяют с наибольшей полнотой объяснить главные закономерности образования и последующих изменений пластов и залежей угля.

Границы шахтных полей и участков. При определении границ шахтных полей или отдельных резервных участков следует приурочивать их к естественным границам, которыми могут быть: оси складок, крупные дизъюнктивные нарушения, размывы пластов или угленосных отложений, долины рек, крупных оврагов или другие природные ограничения. Границы на глубину должны быть обоснованы и едины для всех пластов угля разведываемого месторождения, участка или шахтного поля. Выбор границ детальной разведки угольных месторождений зависит от возможной производительности будущей шахты и срока ее службы, что определяет количество потребных запасов, которые должна подготовить разведка.

Нормативы, принятые в настоящее время для шахтных полей, приведены в табл. 79.

Годовая проектная добыча шахты, тыс. т	Наименьший срок службы шахты, в годах	Количество запасов кат. А <sub>2</sub> +В+С <sub>1</sub> , необходимых для проектирования шахты (с учетом проектных потерь), млн. т (округленно)
до 300	10—15	5—7
300—450	30	13—20
600	40	до 40
900—1200	50	70—90
1500 и более	60	более 130

Вопросы границ детальных разведок при постановке таковых целесообразно предварительно согласовать с проектными институтами (Гипрошахт). В этом случае, учитывая все требования практики строительства шахт или разрезов, существующие в угольной промышленности, границы участков будут определены наиболее рационально. При таком согласовании геолог-разведчик может выяснить детали, касающиеся конкретных требований промышленности к изучению горнотехнических условий будущей эксплуатации, качества угля, к системе отработки и другим вопросам, связанным с индивидуальными геологическими чертами изучаемого месторождения.

Изучение качества углей. В процессе разведочных работ должно быть проведено в достаточном объеме опробование каждого пласта угля.

Опробование осуществляется путем отбора проб из разведочных, эксплуатационных выработок и от керна (в необходимых случаях также от шлама) разведочных или опробовательских скважин.

Пробы отбираются по пачкам углей (дифференциальные) с последующим вычислением пластовых содержаний методом средневзвешенного. Пластовые пробы отбираются выборочно в качестве контрольных. Они должны быть достаточно представительными, размер и методика их отбора и обработки должны соответствовать существующим стандартам. По количеству проб, характеру их анализов и испытаний устанавливаются природный тип и марка угля, направление его использования, а также изменчивость качества угля по важнейшим показателям.

Количество анализов и испытаний должно соответствовать изменчивости каждого качественного показателя угля. К показателям, подверженным в пределах разведываемой площади существенным изменениям, которые предусмотрены условиями или имеют значение для маркировки угля, и определяемым по всем пробам, относятся зольность, спекаемость, при прослеживании границы зоны окисления — влажность, в необходимых случаях — выход летучих веществ, содержание серы.

Показатели, меняющиеся незначительно или по установленной закономерности (теплота сгорания, элементарный состав горючей массы, объемный вес, содержание серы и фосфора, выход летучих веществ, обогатимость), определяются по части проб выборочно в объеме, необходимом для выявления пределов колебаний и направления изменчивости качества угля.

Показатели (технологические свойства углей и их обогатимость), существенно не меняющиеся в пределах разведываемого участка или на площади распространения той или иной марки угля, определяются по одной или нескольким пробам в зависимости от их значения для оценки угля; количество проб для их изучения обуславливается также техническими возможностями отбора таких проб.

Поэтому в каждом конкретном случае разведки следует учитывать индивидуальные признаки того или иного разведываемого месторождения. Например, в Подмосковном бассейне по всем пробам из разведочных выработок, вскрывающих уголь, должны определяться зольность и влажность, в то время как выход летучих веществ и элементарный состав могут определяться лишь для нескольких типичных проб, порядка 10—15% от общего количества.

Для малосернистых и малофосфористых каменных углей Кузбасса определение показателей по каждой пробе также не обязательно, а для месторождений Донбасса, угли которого содержат повышенное количество серы, определение последней имеет важное значение особенно для углей технологических марок.

В практике часто наблюдается излишество производимых анализов углей, относимых в основном к нерациональному производству определенных технических и элементарного анализов для всех проб без учета природных свойств углей данного месторождения. Не используются также в полной мере ценные данные по изучению качества углей горноэксплуатационных выработок соседних шахт.

В то же время не следует излишне сокращать количество проб особенно технического анализа углей, стоимость производства которого настолько невелика по сравнению с затратами на бурение скважин, что не может привести к сколько-нибудь заметному удорожанию разведок.

Анализы и испытания проб угля производятся в соответствии с существующими стандартами.

Объемный вес углей определяется путем обмера и взвешивания образцов керна, а также путем выемки угля из целика в горных выработках с точным замером объема угля в целике и взвешиванием вынутой массы. Одновременно со взвешиванием производится отбор проб угля для анализа на влажность и зольность. Для плотных углей определение удельного веса допускается пикнометрическим методом (ГОСТ 2160—52).

При разведке новых месторождений технологических углей проводят полупромышленные испытания углей на коксование и обогатимость по отдельным пробам, характеризующим основные спекающие свойства и зольность. В случаях, когда вскрытие угольных пластов возможно только эксплуатационной шахтой, допускается характеристика технологических свойств углей для запасов категорий А<sub>2</sub> и В по результатам опробования скважин.

Любая качественная характеристика как энергетических, так и технологических углей по аналогии с соседними участками или действующими шахтами допускается только при сопоставлении углей по петрографическому составу, степени метаморфизма и другим факторам, доказывающим возможность такой аналогии.

Для правильного использования углей в промышленности важнейшее значение имеет их петрографическое изучение, на основании которого определяются состав угольных пластов, разновидности и типы углей, стадии метаморфизма, условия образования и выясняются основные закономерности изменения качества углей на месторождении в зависимости от петрографического состава.

Для этого на месторождении по пластам угля производится отбор специальных проб монолит-колонок, вырубаемых от почвы до кровли, или послойно-типовой пробы, при которой от каждого слоя угля отбираются образцы определенного размера, являющиеся основанием для составления детальной петрографической их характеристики. Петрографическое описание углей должно сопровождаться выводами в отношении причин и зависимости всех технологических свойств углей от его петрографического состава.

Очень важным при изучении углей является определение величин зоны выветрелых углей и зоны окисления углей. Точность определения этих величин имеет существенное значение при проектировании и последующей отработке запасов как энергетических, так и технологических углей месторождения. Изучение изменения качества угля в зонах выветривания и окисления производится путем тщательного опробования пластов угля по падению в горных выработках или в специальных скважинах, проходимых последовательно по падению пласта угля с полным отбором керна и точным определением зоны неокисленного угля.

**Горнотехнические условия.** В процессе разведки проводится изучение гидрогеологических и горнотехнических условий эксплуатации месторождения, объем и методика которого устанавливаются в зависимости от водообильности разведываемого месторождения. Выявляются и изучаются горизонты и зоны, представляющие значение для гидрогеологической характеристики месторождения: известняки, пески, нарушенные тектонические зоны, а также водонепроницаемые горизонты — пласты глин и другие плотные породы. Определяются мощность и площадь распространения водоносных горизонтов, тип и характер циркуляции подземных вод, степень водообильности и водопроницаемости пород, а также условия питания, дренажа и взаимосвязи водоносных горизонтов. Проводятся химический и бактериологический анализы подземных вод, а в районах, расположенных в условиях вечной мерзлоты, детальное ее изучение.

Для получения количественной характеристики водоносных горизонтов проводятся гидрогеологические наблюдения по разведочным выработкам и естественным выходам водоносных горизонтов, а в случае необходимости проходятся специальные гидрогеологические выработки (опытные кусты скважин) с откачками из них. Кроме того, должен быть собран материал по эксплуатируемым месторождениям, аналогичным разведываемому.

В итоге проведенных работ дается общая характеристика обводненности месторождения, определяются возможные притоки при проходке ствола шахты и эксплуатационных выработок, а также опасные по степени обводненности зоны или горизонты.

Для того, чтобы более точно установить горнотехнические условия отработки месторождения при разведке, необходимо дать характеристику крепости и устойчивости пород, изучить физико-техническую характеристику пород кровли и почвы, а также пород кровли пластов угля на расстоянии не менее 5 м вверх по нормали, на основании химико-петрографических и механических анализов дать характеристику состояния пород, перекрывающих угленосную толщу (механический состав, удельный и объемный вес, пластичность, размокаемость, сопротивление размыву, углы естественного откоса, водоотдача).

Газоносность месторождения оценивается путем наблюдения за выделениями газа при бурении скважин, а также по аналогии с соседними районами, где имеется опыт проведения эксплуатационных работ. Одновременно с этим производятся наблюдения за температурным режимом пород угленосной толщи, особенно при проведении глубоких буровых скважин. В процессе разведки систематически опробуются и изучаются породы угленосной толщи с целью определения содержания в них свободной кремнекислоты и для прогноза о силикозоопасности будущих горных выработок.

Разведку угольных месторождений следует вести комплексно; попутно с разведкой угля выявляются все сопутствующие полезные ископаемые: огнеупорные материалы, бокситы, известняки, строительные материалы. Зола углей опробуется на содержание глинозема и ред-

ких элементов. Отмечается присутствие твердых и жидких битумов, которые могут рассматриваться как признаки нефтепроявлений.

Одновременно с этим при разведке предварительно обследуются встречающиеся месторождения строительных материалов: глины — для производства кирпича, песков — для строительных целей, известняков — для получения извести, горных пород — для буто, гравия — для бетона. Производится их опробование и испытания в соответствии с существующими нормативами и требованиями. Описываются площадки, пригодные для размещения промышленных сооружений и жилищного строительства на площадях развития безугольных отложений. Приводятся данные о источниках водоснабжения действующего или будущего горного предприятия с их краткой гидрогеологической характеристикой.

### Классификация запасов и условия отнесения их к категориям

Контурные подсчитанных запасов должны быть геометризованы на планах и разрезах такого масштаба, который необходим для проектирования эксплуатационных работ — обычно не менее 1 : 5000. При подсчете запасов площадей, разведанных по редкой сети только с запасами категорий  $C_1$  и  $C_2$ , допустимо применение более мелкого масштаба.

Подсчет запасов угля производится в тысячах тонн. Помимо балансовых запасов угля, подсчитываются и забалансовые запасы, которые не отвечают промышленным кондициям, но могут быть использованы промышленностью в дальнейшем. Нижние пределы мощности пласта и качества угля, при которых запасы целесообразно учитывать как забалансовые, устанавливаются промышленной организацией.

Подсчет забалансовых запасов имеет целью получить наиболее полную промышленную оценку месторождения, его общих запасов и, в частности, выявить общее количество некондиционных углей.

К забалансовым запасам по существующим нормативам относятся:

- а) запасы пластов или групп пластов, не удовлетворяющих кондициям;
- б) отдельные некондиционные блоки, находящиеся среди кондиционных или в приконтурной полосе;
- в) отдельные пачки угля в почве и кровле пластов, если они по зольности или другим признакам не отвечают кондициям, при условии технической возможности и целесообразности выделения их при добыче в забое.

Забалансовые запасы относят к категориям  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$  в зависимости от степени разведанности применительно к минимальным кондициям, принятым для забалансовых запасов.

К категории  $A_1$  относятся запасы, полностью изученные и оконтуренные подготовительными горными выработками при положительных данных по мощности и качеству; горнотехнические и гидрогеологические условия разработки изучены; промышленные сорта угля и их распределение установлены в каждом блоке; обогатимость и применение угля проверены на опыте промышленного использования.

Запасы категории  $A_1$  подсчитываются геологомаркшейдерской службой на действующих шахтах и карьерах и служат обоснованием для текущего планирования эксплуатационных работ.

К категории  $A_2$  относятся запасы, детально разведанные и оконтуренные горными выработками или буровыми скважинами; условия залегания, а также гидрогеологические условия месторождения и условия его разработки изучены; качество и технологические

свойства углей выяснены с детальностью, обеспечивающей определение характера обогатимости и технологии использования углей. Запасы категории  $A_2$  не требуют дополнительной разведки, кроме эксплуатационных штреков, разрезных траншей с стволов шахт, по направлениям нарушений, случайных размывов пласта, которые не могли быть изучены при детальной разведке, и с целью детализации структуры, уточнения гипсометрии и гидрогеологических условий. Запасы категории  $A_2$  являются обоснованием для проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий.

Для отнесения запасов к категории  $A_2$  необходимо соблюдение следующих условий:

а) общее геологическое строение месторождения (участка) выявлено достаточно полно; установлены стратиграфия, общая синонимика пластов, характер структуры (тектоника), выдержанность пластов по мощности и качеству угля и их положение в разрезе угленосной толщи;

б) общее количество скважин или выработок, вскрывших оцениваемый пласт, достаточно для суждения о его характере и выдержанности;

в) горнотехнические условия разработки изучены; установлен характер вмещающих пород; для участков открытой добычи изучены инженерно-геологические свойства пород вскрыши и определен ее объем;

г) качество угля отдельных пластов изучено, определена марка угля, а в соответствующих случаях и технологические группировки; выявлены основные направления их использования, необходимость обогащения и характер обогатимости или брикетирования, а также получены данные для разрешения вопроса о целесообразности раздельной добычи;

д) гидрогеологические условия месторождения изучены; проведены соответствующие наблюдения и специальные гидрогеологические работы, необходимые для расчета водопритоков и определения наиболее обводненных и опасных зон; в месторождениях, где обводнение не является препятствием к разработке, гидрогеологическая характеристика может быть принята по аналогии с эксплуатируемым месторождением, гидрогеологические условия которого изучены; в последнем случае необходимо обоснованно подтвердить аналогию;

е) структура (тектоническое строение) установлена по каждому блоку; каждый тектонический элемент — крыло складки, участок, ограниченный нарушениями, и т. д. — подтвержден не меньше чем тремя выработками (скважинами), находящимися не на одной прямой и однозначно определяющими его положение; при горизонтальном и пологом залегании гипсометрия пласта прослежена;

ж) запасы подсчитаны в контуре выработок (скважин), расстояния между которыми соответствуют принятым для категории  $A_2$ ;

з) на месторождениях со спокойным залеганием пластов, устойчивыми мощностями и качеством допускается спрямление блоков за оконтуривающие выработки (скважины) для достижения правильных очертаний блоков и совмещения их границ с изогипсами;

и) контуры блоков категории  $A_2$  должны представлять собой площади достаточных размеров; мелкие изолированные, а также вытянутые остроугольные блоки в категорию  $A_2$  не включаются;

к) оконтуривающие и внутриконтурные выработки (скважины) дали положительные результаты по мощности, строению и качеству угля; на смежных блоках отсутствуют нерабочие мощности, крупные размывы пласта, участки с выгоревшим углем, с некондиционными качественными показателями и т. д.;

л) все скважины проверены каротажем, а с ненадежной документацией и низким выходом керна — боковым грунтоносом или искривленным скважины.

К категории В относятся запасы, разведанные и оконтуренные горными выработками или скважинами либо непосредственно прилегающие к детально разведанным запасам категории А<sub>2</sub>; условия залегания изучены; общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения выяснены достаточно полно; гидрогеологические и технологические свойства углей изучены в мере, обеспечивающей возможность установления промышленного использования углей.

В количественном отношении запасы категории В являются обоснованными, однако требуют дополнительного уточнения условий залегания, мощности или строения пласта, качества угля, направления его использования, гидрогеологических условий.

При наличии установленного минимального количества запасов категории А<sub>2</sub> запасы категории В служат для обоснования проектов и капиталовложений на строительство горного предприятия. На месторождениях со сложными геологическими условиями, преимущественно с невысокой и непостоянной угленасыщенностью и сложными горногеологическими условиями допускается проектирование и строительство шахт на участках с запасами категории В при отсутствии категории А<sub>2</sub>. Необходимые уточнения, а также перевод запасов в категорию А<sub>2</sub> осуществляются в этих случаях в процессе строительства и эксплуатации.

Для отнесения запасов к категории В необходимо соблюдение следующих условий:

а) общее геологическое строение месторождения выяснено, установлены стратиграфия, общая синонимика пластов, характер структуры угленосной толщи;

б) количество выработок или скважин, вскрывших оцениваемый пласт, достаточно для суждения о его характере и выдержанности;

в) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения выяснены достаточно полно; установлен характер вмещающих пород; для участков, доступных для открытой добычи, изучены инженерно-геологические свойства пород вскрыши и определен объем последней; проведены соответствующие наблюдения и специальные гидрогеологические работы, необходимые для ориентировочного определения водопритоков; в пределах изученных бассейнов и месторождений гидрогеологическая характеристика месторождений и участков может быть принята по аналогии;

г) определены основные направления использования и марки углей; проведены анализы и лабораторные испытания углей в объеме, необходимым для предварительного решения вопроса о характере обогатимости и оценки брикетированности углей;

д) запасы подсчитаны в контуре горных выработок и скважин. Для пластов, характеризующихся выдержанными мощностью, строением и качеством угля, например, для условий некоторых месторождений Донбасса, к категории В могут быть также отнесены запасы, примыкающие к контуру категории А<sub>2</sub> или горноэксплуатационным работам, при условии, что экстраполяция геологически обоснована и не превышает половины расстояний между линиями и между выработками, принятыми для категории А<sub>2</sub>;

е) все скважины проверены каротажем, а с ненадежной документацией и с низким выходом керна — боковым грунтоносом или искривленным скважины.

К категории С<sub>1</sub> относятся запасы, определенные на основании редкой сети буровых скважин или горных выработок, а также запасы,

примыкающие к контуру запасов категорий  $A_2$  и  $B$ ; общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения изучены предварительно; качество углей определено предварительно на основании анализов и лабораторных испытаний проб, а также по аналогии с изученными месторождениями и участками.

Запасы категории  $C_1$  служат обоснованием для постановки детальных геологоразведочных работ, а при наличии запасов категорий  $A_2$  и  $B$  в установленных соотношениях — для обоснования проектирования и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий.

К категории  $C_1$  относят запасы, выявленные редкой сетью разведочных выработок или скважин, по которым структура месторождения и гипсометрия пластов устанавливаются предварительно. В случае сложного строения месторождения и неустойчивости пластов к этой категории относят и более детально разведанные блоки, структура, качество угля и количество запасов которых остаются точно не выясненными.

К категории  $C_1$  могут быть также отнесены:

а) запасы блоков, прилегающих к площади с запасами категорий  $A_2$  и  $B$  при условии, что экстраполяция геологически обоснована и не превышает половины расстояний между линиями и между выработками, установленных для категории  $B$ .

**Примечание.** По блокам, примыкающим к участкам с нерабочей мощностью, запасы рекомендуется подсчитывать по мощности, вычисленной как средняя из значений по близрасположенным выработкам с учетом рабочего контура;

б) запасы блоков, выделенных вдоль крупных нарушений, вблизи зон выгорания пластов, вдоль выходов пластов угля под наносами в случае, если эти выходы не прослежены.

К категории  $C_2$  относятся запасы угля, для которых стратиграфическое положение, мощность и качество установлены предварительно на основании вскрытия в отдельных точках, а контуры распространения определены по данным геологической съемки или геофизическими методами. К этой категории относят также запасы, примыкающие к контуру запасов категории  $C_1$  в пределах геологически обоснованной экстраполяции.

Запасы категории  $C_2$  служат обоснованием для планирования геологоразведочных работ. При проектировании горнодобывающих предприятий для определения перспектив их развития наряду с запасами других категорий учитываются и запасы категории  $C_2$ .

К категории  $C_2$  для новых месторождений, угленосных районов и целых бассейнов относятся запасы, определенные на основании общего геологического картирования угленосных районов или бассейнов при условии освещения отдельных разобщенных площадей или участков в тех же бассейнах и районах опорными разрезами, характеризующими их угленосность. Количество запасов районов и целых бассейнов определяется, исходя из площади, по коэффициентам угленосности или угледплотности. Они устанавливаются по отдельным угленосным площадям, более подробно освещенным геологической съемкой и поисковыми работами, а также по участкам разведочных работ с последующими геологически обоснованными интерполяцией и экстраполяцией этих данных на всю площадь бассейна или района, включаемую в подсчет. Материалы по подсчету запасов категории  $C_2$ , как и остальных категорий, должны быть оформлены графикой и текстом в таком объеме, чтобы запасы можно было проверить.

## Примеры классификации запасов угольных месторождений

Первая группа угольных месторождений характеризуется горизонтальным, очень пологим или слабоволнистым залеганием угленосной толщи, имеющей нечетко выраженные элементы залегания, с заключенными среди нее пластами или линзообразными угольными залежами различной мощности. Вмещающие породы угленосной толщи залежам преимущественно к рыхлым или слабо диагенезированным породам (пески, глины, рыхлые песчаники, слабые глинистые сланцы). Глубина залегания угольных пластов в большинстве случаев незначительная. Глубина измеряется десятками метров и реже доходит до 100—200 м. Формы угольных залежей этого типа в плане могут быть очень сложными как по их предельному, рабочему, так и по нулевому контурам. Геологоразведочные работы обычно осуществляются буровой разведкой по достаточно сгущенной и геометрически правильной сети с применением разведочных шурфов, дулок и канав.

Наиболее характерными представителями этой группы являются хорошо известные месторождения угля Подмосковского, Канско-Ачинского, Днепровского, Южно-Уральского, Иркутского, Май-Кюбенского бассейнов и отдельные крупнейшие месторождения: Ангреевское в Средней Азии, Кивдо-Райчихинское, Супутинское на Дальнем Востоке и другие.

Месторождения такого типа эксплуатируются при наличии мощных пластов угля и благоприятного соотношения вскрышных пород открытыми работами с большими размерами добычи угля и при отсутствии этих условий — преимущественно шахтами небольшой и средней производительности.

Месторождения эти разведываются на основе геологических карт масштаба 1 : 200 000, а также более детальных (1 : 50 000; 1 : 25 000), составленных после проведения поисково-структурного бурения и геофизических работ.

При разведке месторождений с устойчивыми угольными пластами и залежами для запасов категории  $A_2$  скважины располагаются через 250—350 м. При изменчивом контуре, линзообразном характере и неустойчивой мощности угольных залежей расстояния между выработками сокращаются до 175 и даже до 125 м. Несмотря на это, мощность, строение, качество угля и гипсометрия почвы пластов даже при густой сети скважин остаются иногда недостаточно освещенными для целей эксплуатационных работ и в процессе подготовки месторождения к освоению требуется уточнение, для чего проводятся контрольные скважины в местах заложения стволов шахт и главных горных выработок (откаточных штреков, квершлагов).

Для этой группы месторождений иногда, например в Подмосковном бассейне, характерны сложные гидрогеологические условия и поэтому при разведке особенно тщательно производится всестороннее освещение гидрогеологических особенностей с определением ожидаемых притоков вод в горные выработки (шахты и карьеры) и степени необходимости производства осушительных работ.

Опробование углей производится в каждой буровой скважине или горной выработке.

Запасы в большинстве случаев подсчитываются по методу геологических блоков, построение которых производится в зависимости от мощности, качества и строения отдельных пластов угля.

По некоторым месторождениям этого типа, особенно в Подмосковном бассейне, до последнего времени подсчет осуществляется по методу ближайшего района. Для данных условий этот метод нерационален, поскольку он трудоемкий, не отражает действительного геологического строения месторождений, не позволяет установить закономерности

в характере угленакопления, изменении мощности и зольности углей. По инициативе ГКЗ запасы углей в Подмосковном бассейне с конца 1956 г. подсчитываются по методу геологических блоков. Отстройка блоков при этом производится с учетом изменения мощности пласта угля, его строения, зольности, гипсометрии, горнотехнических условий и гидрогеологической характеристики отдельных частей месторождения.

Примером классификации запасов угля месторождений первой группы может служить классификация запасов одного участка Гремячевского месторождения Подмосковного бассейна, изображенная на рис. 294 и 295. Геологический разрез по участку приведен на рис. 296 (по данным М. Я. Грачева и Е. С. Малютина). Продуктивные слои на этом участке приурочены к отложениям угленосного и тульского горизонтов Яснополянского подъяруса нижнего карбона, залегающих на размытой поверхности упинских известняков (установлено наличие нескольких пластов и линз угля). Промышленное значение имеет один пласт угля (VI), остальные пласты имеют характер отдельных небольших линз.

Вследствие размыва залежь VI пласта угля характеризуется очень извилистым контуром. Пласт имеет простое строение и лишь в редких скважинах разделен прослоями пород или высокозольных разностей угля; в пределах промышленного контура он в преобладающем числе скважин имеет мощность 1,2—2,5 м. Гипсометрия пласта спокойная. В кровле его залегают пески, реже глины, в почве — большей частью глины. Глубина залегания изменяется от 50 до 100 м. Месторождение находится в сложных гидрогеологических условиях, связанных с большим количеством водоносных горизонтов (четвертичного, мезозойского, окского, верхнетульского, надугольного, угленосного, упинского и девонского), значительной мощностью обводненных пород кровли и их неустойчивостью. Ожидаемый приток воды в шахту определяется в 500—550 м<sup>3</sup>/час. Вскрытие и отработка запасов участка возможны только при условии предварительного осушения и снижения напоров вод.

По геологическому строению и горнотехническим условиям участок относится к месторождениям углей группы «а» (по соотношению запасов). Разведка участка произведена скважинами механического бурения, расположенными по сетке 250 × 250 м со сгущением ее в приконтурной части до 175 м. Принятая густота скважин соответствует данному типу месторождений и позволяет оценить большую часть запасов по категориям А<sub>2</sub> и В.

Подсчет запасов, помимо ранее применявшегося в Подмосковном бассейне метода ближайшего района (см. рис. 294), произведен одновременно и методом геологических блоков (см. рис. 295). Сопоставление этих методов показывает, что результаты определения количества запасов весьма близки. В то же время метод геологических блоков значительно упрощает техническую и вычислительную работу по подсчету запасов (количество блоков уменьшается по сравнению с методом ближайшего района в 3—4 раза), а нанесение на план изолиний зольности, литологической характеристики кровли пласта более полно отражает геологические особенности и горнотехнические условия месторождения. Учитывая достаточно спокойную гипсометрию угольного пласта, а также выдержанную зольность, при выделении блоков авторы подсчета принимали во внимание только значение мощности пласта и характер кровли. Колебания мощностей приняты в пределах 0,9—1,3 м; 1,3—2,5 м; 2,5—3,5 м; более 3,5 м. В этих условиях целесообразно учитывать также характер устойчивости мощности пласта угля и выделить площади со значительными их колебаниями в отдельные блоки. Устойчивое качество угольного пласта характеризуется зольностью, находящейся в пределах от 25 до 30%.

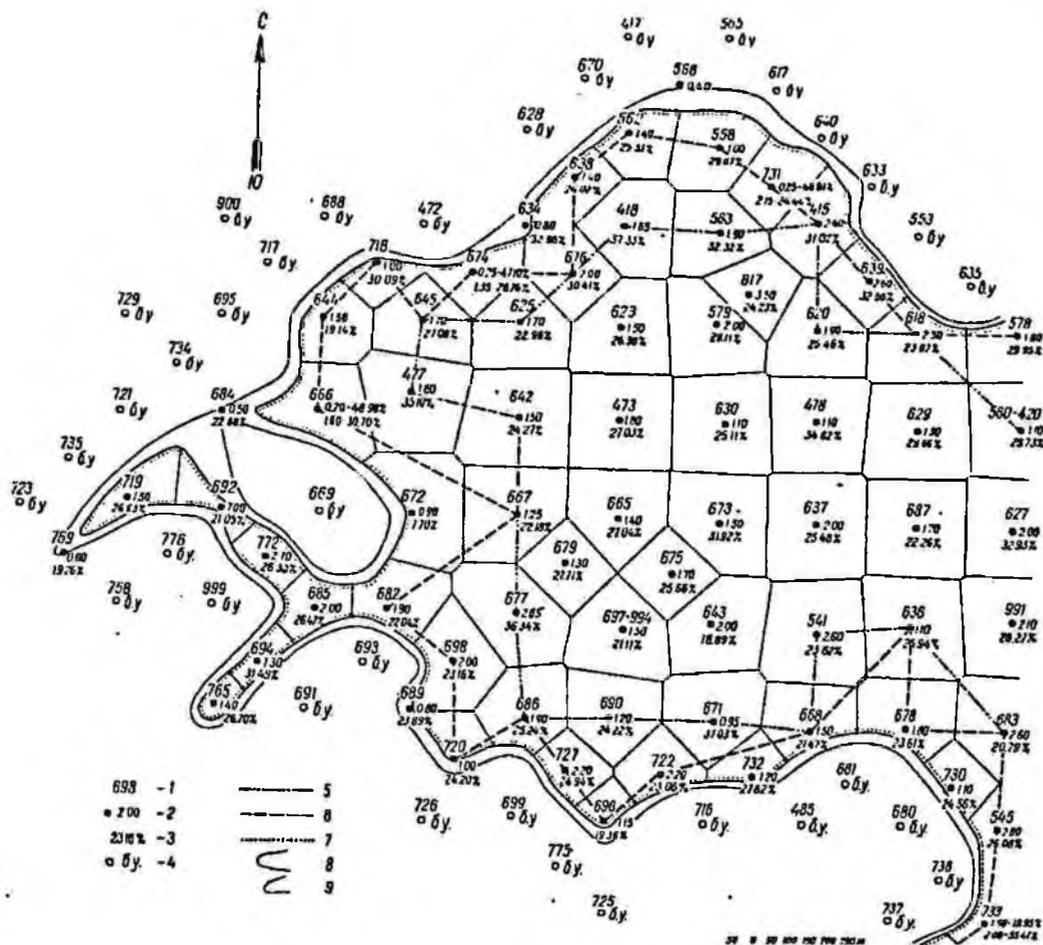


Рис. 294. Классификация запасов VI пласта угля на части Гремячевского месторождения Подмосквовного бассейна (подсчет запасов выполнен методом ближайшего района)

1 — № буровой скважины; 2 — мощность угольного пласта; 3 — зольность; 4 — скважины без угля; 5 — контур запасов кат. А; 6 — контур запасов кат. В; 7 — контур запасов кат. С; 8 — контур угольного пласта мощностью 0,50 м; 9 — контур угольного пласта мощностью 0,50 м

32 Зак. 946

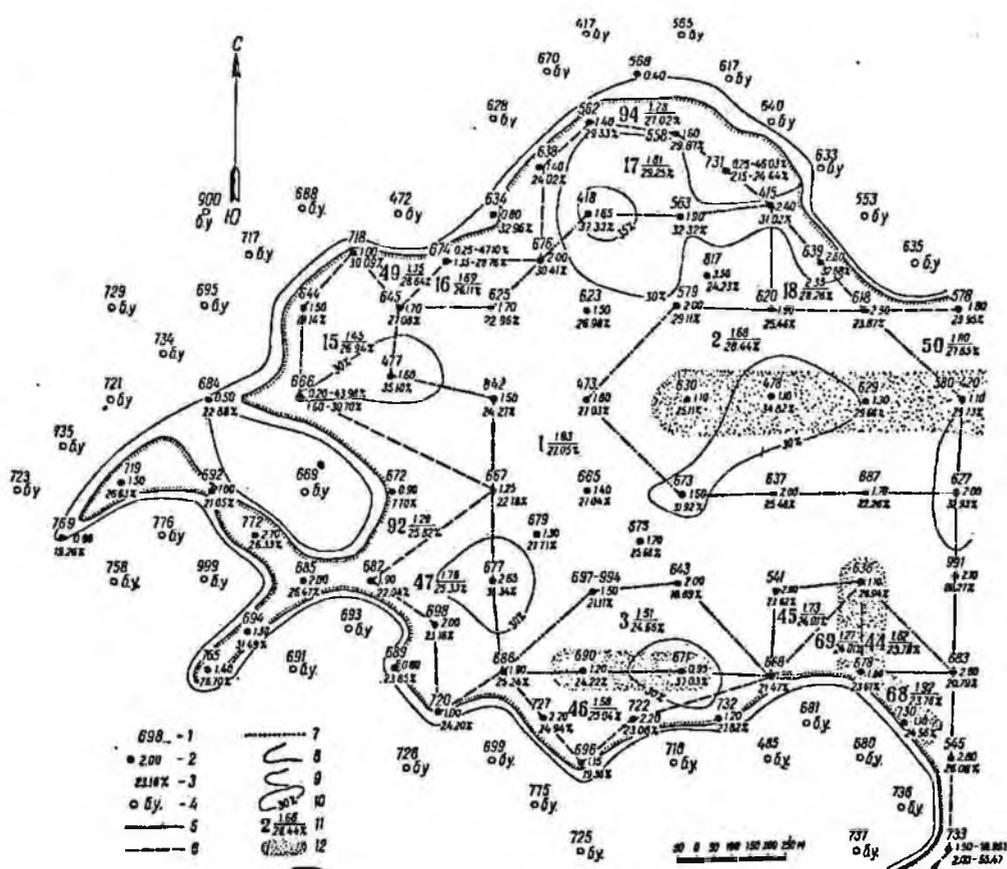


Рис. 295. Классификация запасов VI пласта угля на части Гремячевского месторождения Подмосквовного бассейна (подсчет запасов выполнен методом геологических блоков)

1 — № буровой скважины; 2 — мощность угольного пласта; 3 — зольность; 4 — скважины без угля; 5 — контур запасов кат. А; 6 — контур запасов кат. В; 7 — контур запасов кат. С; 8 — контур угольного пласта мощностью 0,50 м; 9 — контур угольного пласта мощностью 0,50 м; 10 — изолиния зольности угля; 11 — № блока, среднее значение мощности пласта и зольность по блоку; 12 — песчаная кровля пласта

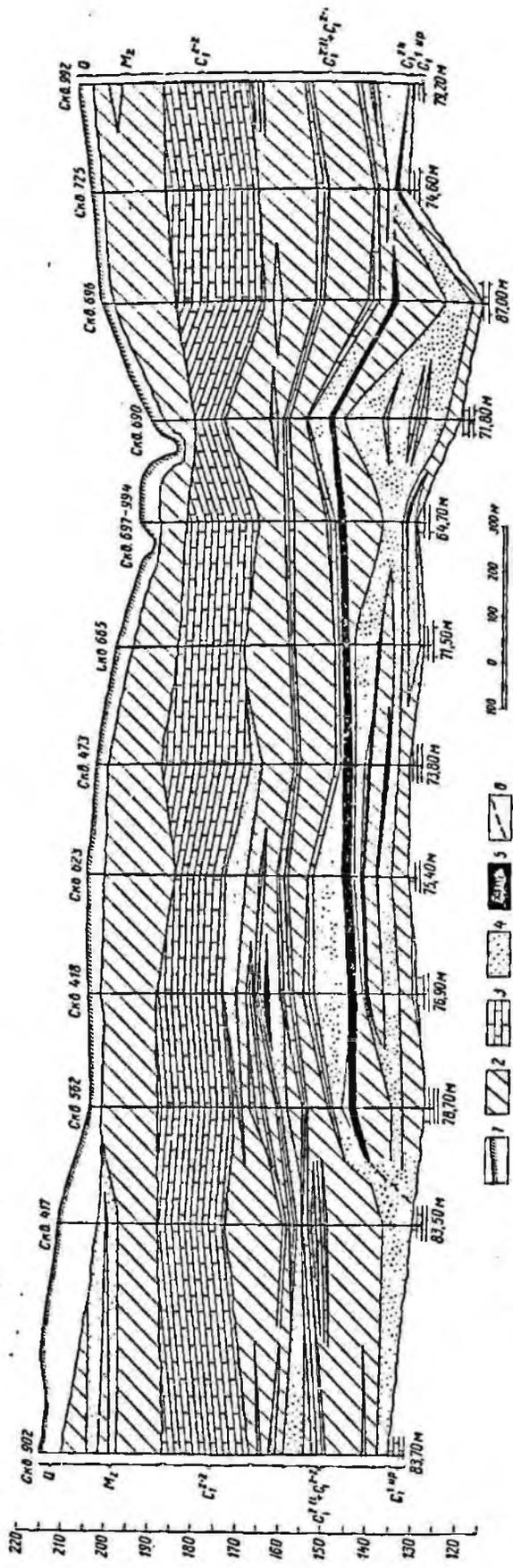


Рис. 296. Геологический разрез по линии скважин угольного месторождения Подмосковского бассейна, классификация запасов которого приведена на рис. 294 и 295

1 — растительный слой и суглинки; 2 — глина; 3 — известняки; 4 — пески; 5 — уголь; 6 — разрыв

Мощность угольного пласта для каждого блока вычислялась как среднесрифметическая из мощностей пласта по скважинам, входящим в подсчетный блок; зольность — так же как среднесрифметическая из зольностей угля по скважинам, находящимся в блоке. Запасы углей по блокам определены как произведение площади на среднесрифметическую мощность и объемный вес угля. Объемный вес угля со средней пластовой зольностью ( $A^c$ ) менее 45% принят 1,2, а выше 45% — 1,25. Подсчетная мощность угольного пласта для приконтурной полосы принята как среднесрифметическая из мощностей пласта по скважинам и точкам кондиционной мощности на контуре. Площади блоков определялись планиметром на карте масштаба 1 : 5000. Каждый блок выделялся в границах одной категории.

К категории  $A_2$  отнесены запасы угля центральной части залежи в контуре скважин с устойчивыми кондиционными данными по мощности и зольности угля. Однако при наличии сравнительно малой, близкой к предельной мощности пласта и непосредственного залегания в кровле песков целесообразнее было бы запасы в блоках 2 и 3 категории  $A_2$  квалифицировать по категории В. К категории В отнесены запасы углей небольших блоков, чаще всего имеющих форму треугольников, расположенных на площади между линиями, ограничивающими запасы категорий  $A_2$  и  $C_1$ . К категории  $C_1$  отнесены запасы блоков приконтурной полосы.

Вторая группа угольных месторождений характеризуется приуроченностью к простым, мало нарушенным складчатым структурам с четкими элементами залегания угленосных отложений.

К этой группе относится большая часть месторождений Донбасса, Ленинское, Плотниковское, Кемеровское, Ерунаковское, Алардинское, Шушупулеское, Томь-Усинское и др. месторождения Кузбасса, месторождения Минусинского и Бурейского бассейнов, часть месторождений Карагадинского и Печорского бассейнов, Львовско-Волинский угленосный район и другие.

Особенностями указанных месторождений являются: большие мощности угленосных отложений, сравнительно хорошая их выдержанность, значительное площадное распространение и однообразие их литологического состава (Кузбасс, Печора), иногда четкое фаунистически охарактеризованное стратиграфическое положение (Донбасс). Для этих месторождений типично наличие большого количества пластов угля малой, средней и большой мощности (Кузбасс), разнообразие их по качеству, характеризующееся наличием различных сортов и марок от длиннопламенных до антрацитов (Кузбасс, Донбасс). Угольные пласты дислоцированы и обычно смяты в складки, часто осложненные дизъюнктивными нарушениями.

Разведка месторождений осуществляется на основе геологических карт масштаба 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000 и 1 : 5000.

Расстояния между линиями разведочных скважин или горных выработок, проходящих обычно вкрест господствующего простирания угленосных отложений, для запасов категории  $A_2$  определяются в зависимости от степени устойчивости: мощности, строения, качества пластов угля — и обычно принимаются в довольно широких пределах 250—1000 м. Расстояния между скважинами на линиях определяются требованием получения непрерывного разреза и обязательного двух-трехкратного подсечения каждого пласта угля в крыле складки или отдельном тектоническом блоке на всех разведочных линиях. Кроме того, если необходимо, проходятся дополнительные скважины на линиях или вне их с целью уточнения положения выходов пластов угля под наносы и отдельных структурных элементов (нарушений, осей складок).

Все основные элементы структуры месторождения, характер дизъюнктивных нарушений, состав угленосной толщи, синонимика пластов угля, их гипсометрия, качество угля, закономерности мощности и строения пластов угля, горнотехнические и гидрогеологические условия месторождения сравнительно точно и с достаточной полнотой устанавливаются горными выработками, буровыми скважинами и геофизическими исследованиями, что вполне обеспечивает возможность месторождения к промышленному освоению. При этом геологические карты и разрезы, составляемые по результатам разведки, бывают обоснованы достаточным числом наблюдений, исключая возможность построения более чем одного их варианта.

Эксплуатация месторождений осуществляется в большинстве случаев вертикальными шахтами со значительными размерами добычи при благоприятных условиях — наличии мощных пластов угля, при небольшой величине вскрыши разработка производится открытым способом.

Подсчет запасов чаще всего производится по методу геологических блоков на проекции разведанных контуров, в зависимости от величины углов падения пластов угля, на горизонтальную или вертикальную плоскости. Иногда подсчет запасов осуществляется методом вертикальных разрезов.

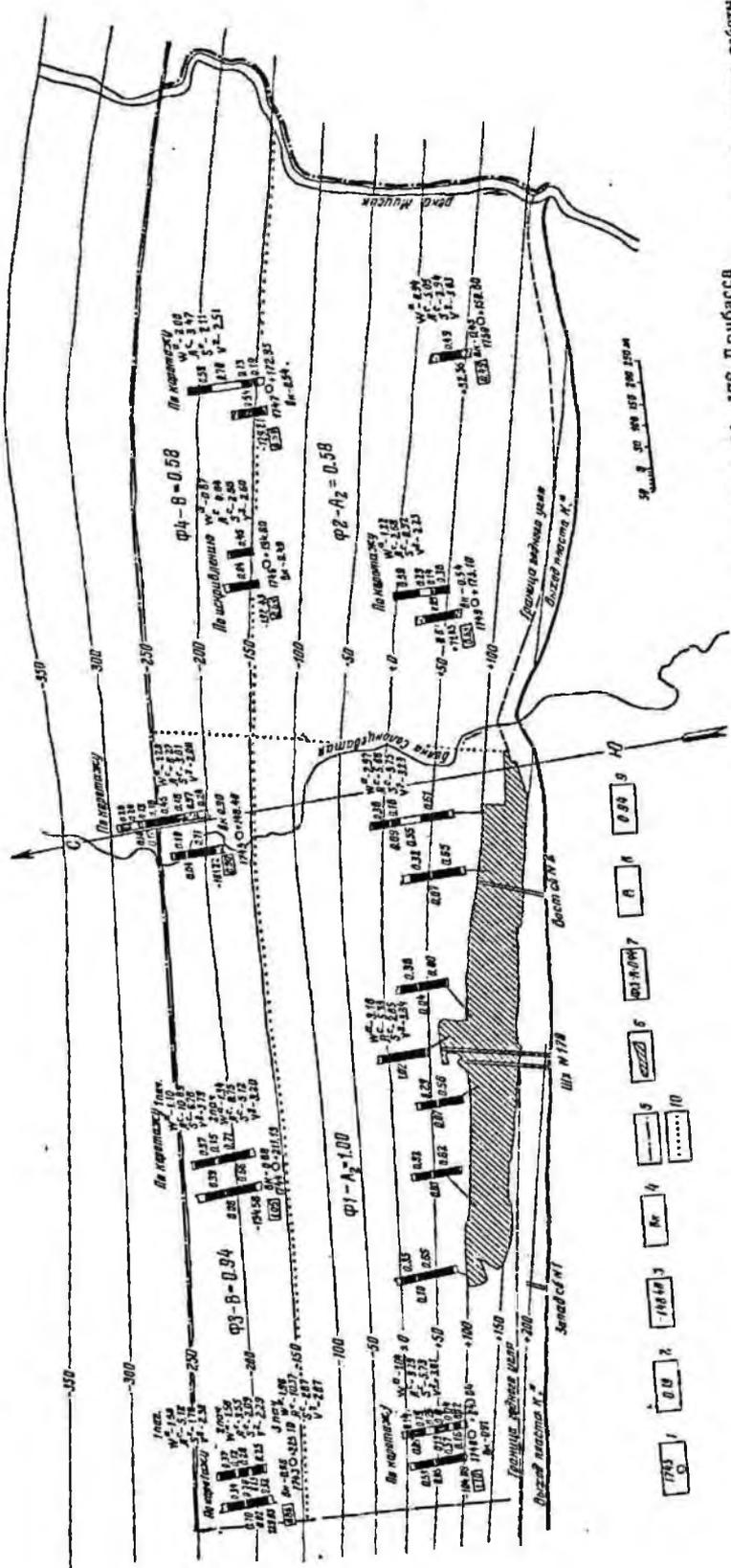
Большая часть рассматриваемых участков и шахтных полей относится к месторождениям углей группы «б», но есть участки, которые могут быть отнесены к группам «а» и «в» (по соотношению запасов).

Примером классификации запасов угольных месторождений второй группы может служить подсчет запасов отдельных пластов угля месторождений Донбасса и Кузбасса, являющихся наиболее характерными в рассматриваемой группе.

Изображенные на рис. 297 план подсчета запасов по пласту  $K_7^H$  и на рис. 298 геологический разрез по шахтному полю иллюстрируют классификацию запасов по пласту (по данным Гопка В. И.).

Пласт  $K_7^H$  разрабатывается шахтой № 178 с 1947 г. Оцениваемая площадь расположена на южном крыле Боково-Хрустальской котловины. Угленосные отложения представлены свитами  $C_2^5$  и  $C_3^5$  донецкого карбона, перекрытыми четвертичными осадками мощностью до 15 м. Залегание пород на участке спокойное, дизъюнктивных нарушений не наблюдается. Углы падения пласта изменяются от 20 до 37°; на западе с глубиной пласты выполаживаются до 15—20°. Угленасыщенность участка невысокая. В составе свиты  $C_2^5$  заключено 8 пластов и пропластков угля, из которых только два  $K_7^I$  и  $K_7^H$  имеют промышленное значение и устойчивую рабочую мощность до 1,1 м. Строение пластов преимущественно сложное. Вышележащие пласты угля свиты  $C_2^5$  оценены по соседнему участку шахтного поля № 12—12 бис и участку Садово-Хрустальскому. На востоке участок шахты № 178 граничит с участком Яновским I—II, на котором пласт  $K_7^H$  разрабатывается двумя шахтами № 7 и 13. Разведка участка произведена восемью скважинами механического колонкового бурения, расположенными на пяти разведочных линиях с расстояниями между ними 450—680 м и между скважинами по линиям 400—500 м. Пласт  $K_7^H$  может быть отнесен к относительно устойчивому пласту мощностью 0,49—1,05 м с закономерным уменьшением этой мощности с запада на восток. По качеству угли относятся к антрацитам со средней зольностью 3—13% и содержанием серы 1—6%. Зона выветрелого угля определена в 50—60 м от выхода пласта  $K_7^H$  под наносы по его падению.

Горными выработками шахты № 178 пласт  $K_7^H$  вскрыт в центре участка по простиранию более чем 1,2 км с довольно выдержанной мощностью и наличием одного прослойка породы. Эта же мощность и харак-



1 — № буровой скважины; 2 — принята мощность пласта угольного запасов; 3 — отметка устья скважины; 4 — выход зерна в метрах; 5 — границы участка шахты № 178; 6 — горные работы шахты № 178; 7 — фигура подсчета запасов; 8 — категория; 9 — средняя мощность для блока

Рис. 297. Классификация запасов угольного пласта К<sup>7</sup> участка шахты № 178 Донбасса

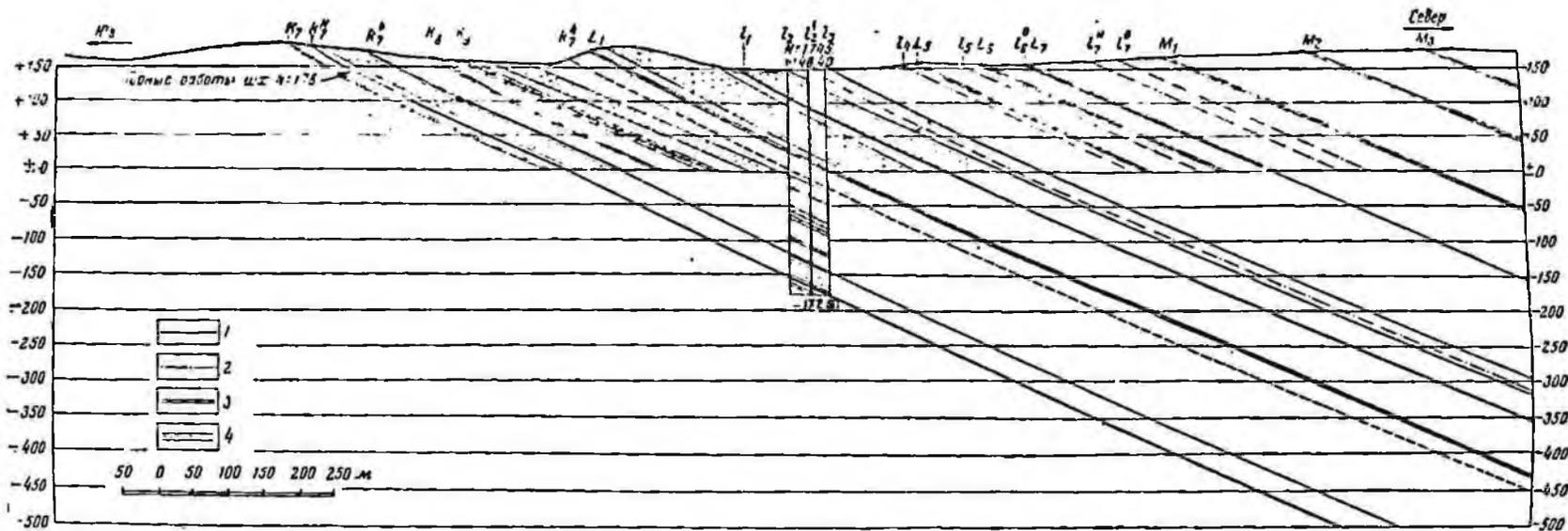


Рис. 298. Геологический разрез по горным выработкам шахты № 178 и скважине № 1745 Донбасса  
 1 — угольный пласт рабочей мощности; 2 — угольный пласт нерабочей мощности; 3 — известняк; 4 — песчаник

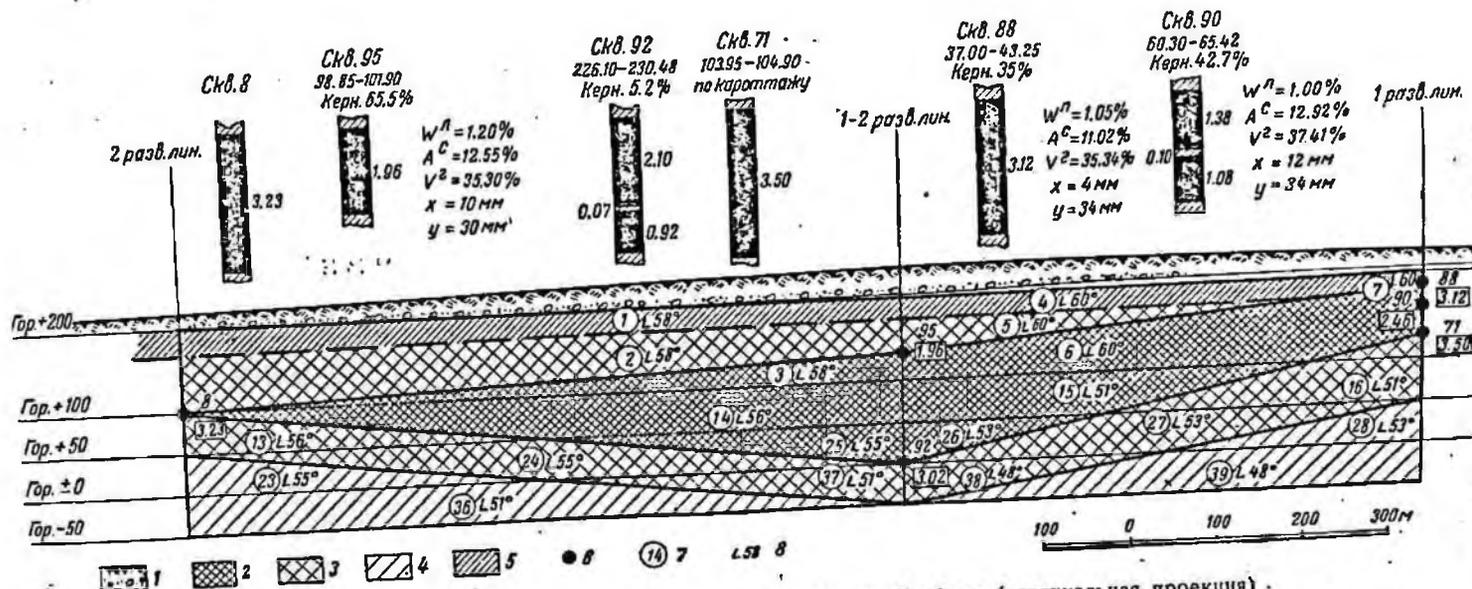


Рис. 299. Классификация запасов части одного из пластов Кузбасса (вертикальная проекция)  
 1 — вносны; 2 — площадь подсчета запасов кат. А; 3 — площадь подсчета запасов кат. В; 4 — площадь подсчета запасов кат. С; 5 — зона окисленного угля; 6 — точки пересечения пласта скважинами; 7 — номера блоков; 8 — угол падения пласта. Справа у колонок даны качественные показатели угля:  $W^A$  — содержание влаги на лабораторное топливо;  $A^C$  — содержание золы на сухое топливо;  $V^2$  — содержание летучих на горючую массу;  $x, y$  — данные пластометрии

тер строения пласта подтверждены двумя скважинами по падению пласта на глубине 150 м, и двумя скважинами, отмечающими некоторое усложнение строения пласта, на запад от шахты. На восток от горных работ четырьмя скважинами установлено уменьшение мощности пласта  $K_7^n$  до 0,49—0,53 м. Проведенный по скважинам каротаж пласта корректирует величину мощности и строение пласта.

Гидрогеологические условия шахтного поля несложные.

Подсчет запасов произведен методом геологических блоков с учетом углов падения пласта  $K_7^n$ . Проведенные разведочные работы с учетом данных горноэксплуатационных выработок шахты № 178 позволяют классифицировать запасы угля пласта  $K_7^n$  по высоким категориям.

К категории  $A_2$  отнесены запасы в контуре выхода пласта угля  $K_7^n$  на поверхность, горных выработок шахты № 178 и разведочных скважин; при этом за нижнюю границу запасов принята изогипса —150 м. К категории В отнесены запасы ниже по падению пласта  $K_7^n$  от

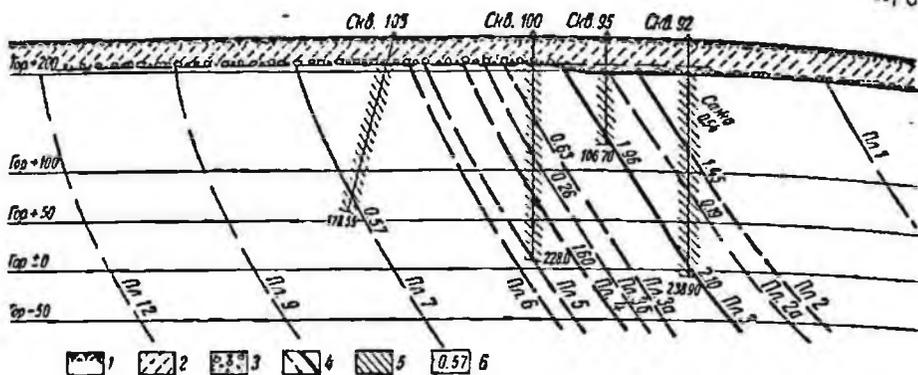


Рис. 300. Геологический разрез свиты пластов (см. рис. 299)

1 — растительный слой; 2 — суглинки; 3 — галечник; 4 — пласты угля; 5 — породы угленосной толщи; 6 — мощность пласта в метрах

изогипсы —150 до изогипсы —250 м, являющейся в то же время нижней технической границей шахты. Ниже изогипсы —250 м запасы можно отнести к категории С, на два-три горизонта (примерно до изогипсы —400 м).

Другим примером классификации запасов углей месторождений второй группы может служить часть запасов одного из пластов Кузбасса, изображенного на рис. 299. Поперечный геологический разрез свиты, в которую входит этот пласт, изображен на рис. 300. Участок представлен отложениями ерунаковской подсвиты кольчугинской свиты пермского возраста, находящимися под покровом более молодых рыхлых отложений мощностью 5—30 м. Породы угленосной толщи залегают на площади участка моноклинально с падением под углами 45—70°.

Участок разведан скважинами колонкового бурения по линиям, расстояния между которыми составляют 500—800 м. Скважины на линиях расположены с таким расчетом, чтобы подсесть каждый рабочий угольный пласт не менее чем в двух точках (по падению). Ввиду значительной мощности покрова рыхлых отложений выходы угольных пластов под эти отложения остались недоразведанными.

Подсчет запасов произведен по отдельным рабочим угольным пластам по методу геологических блоков на вертикальных проекциях пластов. Границами блоков по простиранию приняты разведочные линии, а по падению — горизонты подсчета, границы категорий запасов, а также граница зоны окисленных углей. Подсчетные мощности опреде-

лялись как средние арифметические из данных по скважинам, оконтуривающим группу блоков, имеющих одинаковые границы по простиранию.

К категории  $A_2$  отнесены запасы в контурах, проведенных через точки пересечения пластов скважинами. К категории В отнесены запасы блоков, прилегающих к блокам категории  $A_2$  в полосе экстраполяции на глубину по падению и по восстановлению пласта, где эта экстраполяция имеет основание. К категории  $C_1$  отнесены запасы на площади, прилегающей к нижней границе блоков с запасами категории В и распространяющейся до горизонта — 50 м. Кроме того, к этой же категории отнесены запасы зоны окисленного угля с недостаточно точно установленными выходами его под наносы.

Необходимо отметить, что запасы блоков 3, 14 и 25 отнесены к категории  $A_2$  только как исключение по соображениям устойчивости пласта угля и спокойного его залегания. В скважине 8, на которую опираются блоки 3 и 14, керн угля не был получен, следовательно, качественная его характеристика отсутствует; а так как эта скважина расположена в значительном отдалении (более чем на 1 км) от скважин 92 и 95 и контуры блоков поэтому имеют очень острый угол, запасы в них следовало бы отнести к категории В.

Ниже приводится пример специфического подсчета запасов мощных пластов угля в Кузбассе. На некоторых месторождениях, в частности, в Присалаирской полосе породы угленосной толщи сложно дислоцированы. Мощные пласты угля, залегающие в этой толще, сматы в крутые, почти вертикальные, узкие складки, дополнительно разорванные рядом взбросовых нарушений небольших амплитуд. В замках антиклинальных и синклиналиных складок и в местах повторения (сдвоения) мощных пластов угля взбросами сконцентрировались значительные массы угля. Все это создает благоприятные условия для отработки таких участков открытым способом с применением новейшей отечественной техники: шагающих экскаваторов, гидромониторов, обеспечающих крупную и дешевую добычу углей.

В последние годы разведано и освоено промышленностью несколько таких участков на Бачатском и Краснобродском месторождениях. Условия залегания пластов угля одного из таких участков изображены на рис. 301 (по данным А. И. Янкевича). Угленосные отложения балахонской свиты на этом участке перекрыты четвертичными лёссовидными суглинками мощностью от 1—2 до 17,5 м. Угленосные породы слагают крупную основную синклиналиную структуру, осложненную рядом мелких синклиналиных и антиклинальных складок с очень крутым, местами опрокинутым залеганием пластов. Складки разорваны дизъюнктивными нарушениями типа взбросов. В составе толщи имеется 12 пластов угля рабочей мощности, из них пласт Горелый достигает средней мощности в 23 м (при колебании его мощности от 8 до 42 м). Этот пласт и является основным объектом разработки из проектируемых крупных карьеров с попутной добычей углей из других пластов, мощности которых достигают 3—4 и 9 м.

Подсчет запасов производился в основном двумя методами: геологических блоков при построении вертикальных проекций пласта и вертикальных параллельных сечений. Метод геологических блоков на вертикальных проекциях оказался не применимым в участках значительного нагромождения угольной массы в замковых частях крутых антиклинальных и синклиналиных складок. Определение нормальной мощности пласта в этих условиях не всегда представляется возможным. Поэтому для таких участков применен метод подсчета запасов по вертикальным параллельным поперечным сечениям — разрезам по разведочным линиям, на которых в зависимости от степени разведанности выделяются

контуры той или иной категории запасов. Площади внутри контуров определялись планиметрированием. Расстояния между разведочными линиями или между последними и ограничивающим блок нарушением измерялись на вертикальной проекции пласта, служащей вспомогательным чертежом для подсчета запасов методом параллельных сечений. На вертикальных проекциях, кроме того, изображались контуры

Границами блоков при таком подсчете служат разведочные линии, срезы нарушениями, оси основных и дополнительных складок пласта.

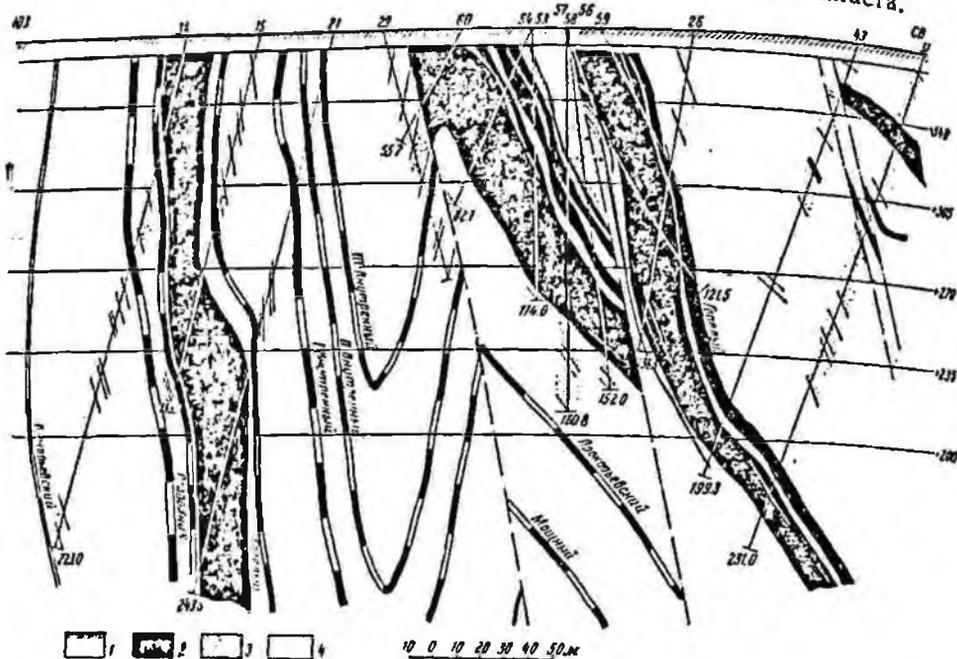


Рис. 301. Геологический разрез по Краснодарскому участку Кузнецкого бассейна (к подсчету запасов методом вертикальных сечений)

1 — четвертичные отложения; 2 — уголь; 3 — песчанник; 4 — аргиллит

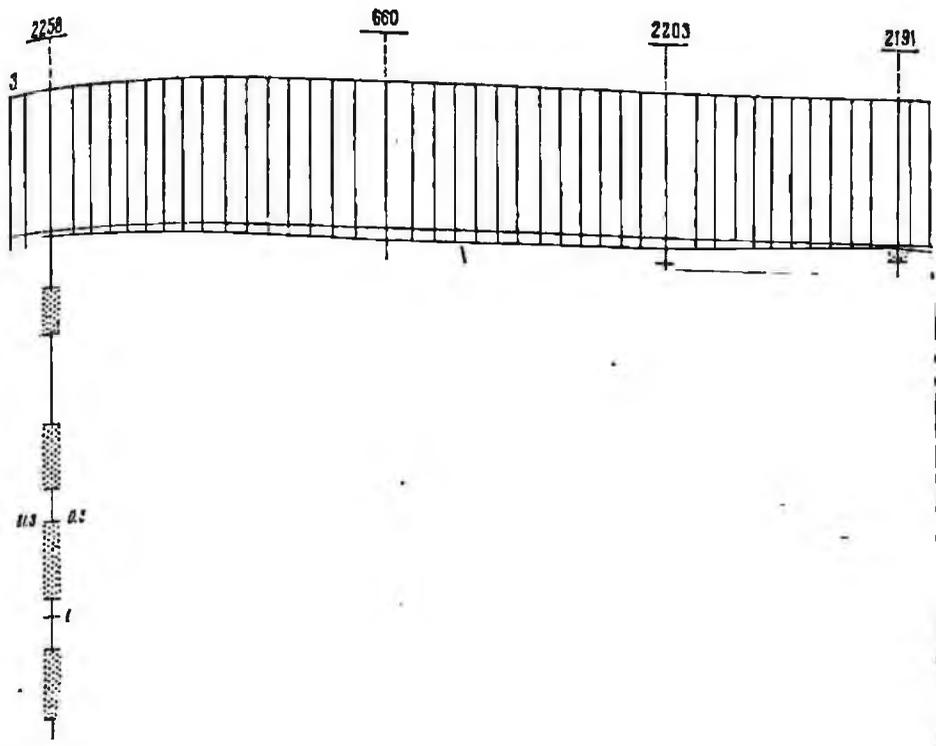
При подсчете по методу геологических блоков запасы угля в блоках на вертикальных проекциях определялись путем перемножения площадей проекций на мощность, удельный вес и секанс угла наклона блока. Площади проекций вычислялись для правильных геометрических фигур по математическим формулам, для неправильных — планиметрированием.

Углы падения в блоках принимались средние между углами падения пласта на соседних разведочных линиях для каждого горизонта в отдельности.

Мощности пласта в блоке определялись как среднеарифметические по отношению к мощностям пласта, установленным на ближайших разведочных линиях. Влияние аномальной мощности в местах резкого увеличения ее в тектонических раздувах распространялось на ограниченное расстояние в пределах тяготеющих к такому раздуву блоков.

На участках пологого или горизонтального залегания пласта запасы подсчитывались на основе структурных карт (горизонтальных проекций) методом геологических блоков.

В третью группу отнесены угольные месторождения, характеризующиеся сложными складчатыми структурами, разорванными большим количеством дизъюнктивных нарушений, иногда создающих блоч-



ный тип структуры, а также месторождения с резкими изменениями элементов залегания угленосной толщи. При разведке этих месторождений выработками и особенно скважинами трудно добиться однозначной и четкой увязки отдельных структурных элементов месторождения и синонимии пластов угля, особенно в угленосной толще пород, не имеющей маркирующих фаунистически охарактеризованных или характерных литологических горизонтов. Угольные пласты могут быть выдержаны как по простиранию, так и по падению, но изменчивы по мощности, качеству и строению, причем непостоянство поведения пластов в значительной степени зависит от условий их залегания. Угли представлены различными марками. Угледержащие осадочные породы нередко прорваны жилами, дайками и пластовыми залежами изверженных пород, которые иногда в связи с контактовым метаморфизмом резко изменяют качество угля до состояния природного кокса или графита. Глубина залегания пластов угля этой группы может быть различная.

Разведка таких месторождений производится на основе детальных геологических карт масштаба 1 : 25 000, 1 : 10 000 или 1 : 5 000.

Геологоразведочные работы обычно осуществляются по разведочным линиям вкрест простирания пород угленосной толщи буровыми скважинами и, если позволяет мощность перекрывающих рыхлых пород, горными выработками (штольни, шурфы, дудки, канавы). Для выявления запасов категории  $A_2$  расстояния между линиями могут быть различными в зависимости от структуры месторождения, размеров отдельных тектонических блоков и могут колебаться в пределах до 125—250 м. Неустойчивые пласты месторождений этой группы обычно разведываются до категории  $A_2$  в процессе проходки горноподготовительных и эксплуатационных выработок.

При разведке широко применяются геофизические методы для оконтуривания угленосных и изверженных пород, прослеживания пластов угля под наносами; каротаж скважин проводится с целью проверки данных бурения в определении мощности, строения и глубины залегания пласта.

Целесообразно иногда бурение дополнительных скважин (или проходка поверхностных выработок) для уточнения положения элементов пликтивных или дизъюнктивных дислокаций.

Из-за сложности геологического строения месторождения третьей группы в большей своей части практически разведываются до категорий В и С<sub>1</sub> и относятся к месторождениям углей группы «в» (по соотношению запасов).

Характерными для третьей группы являются месторождения Сучанского бассейна, ряд месторождений острова Сахалина и Дальнего Востока, месторождения Кузбасса, расположенные в тектонически сложной Присалаирской полосе, а также вблизи Томского надвига в Анжеро-Судженском районе, Егоршинское месторождение на Урале, ряд месторождений Челябинского бурого угля бассейна и другие.

Для примера рассмотрим классификацию запасов Восточно-Батуринского пласта бурого угля в Челябинском бассейне на Урале, геологический разрез по которому приведен на рис. 302 (по данным Р. П. Дворник и Т. Н. Потехиной).

Структурно участок представляет часть восточного крыла синклинали, разбитого серией дизъюнктивных нарушений различного направления на ряд отдельных тектонических блоков. Углы падения угленосных пород изменяются от 40 до 70°.

Участок сложен породами коркинской свиты верхнетриасового возраста, перекрытыми кайнозойскими образованиями мощностью 16—35 м. Продуктивные отложения коркинской свиты в западном и южном направлениях замещаются непродуктивной толщей пород, представленной

переслаиванием песчаников и конгломератов грауваккового последние ограничивают разведанный участок с востока.

В угленосной свите установлено восемь пластов угля, из которых наибольшее промышленное значение имеет угольный пласт Восточно-Батуринский I, представляющий собой угольную зону, разделенную на три пачки, имеющие также сложное строение, разделяясь на ряд слоев. Суммарная мощность угольных пачек достигает 20 м в центральной части участка, уменьшаясь к югу, северу и на глубину по падению. Стратиграфически ниже пласта Восточно-Батуринского I залегает пласт Нижний, имеющий небольшую площадь распространения, но значительную мощность, достигающую 7 м. Этот пласт также является сложным и разделяется на ряд пачек. Пласты Верхний Спутник и II характеризуются меньшей мощностью (от нерабочей до 3 м) и сравнительно ограниченным площадным распространением. Аналогичную характеристику имеют и остальные пласты угля, пересеченные в единичных буровых скважинах.

Все пласты угля, как и пласт Восточно-Батуринский I, характеризуются сложным и изменчивым строением, расщепляясь на ряд пачек и слоев по падению, в южном и северном направлениях; в тех же направлениях происходит уменьшение мощности пластов до их полного выклинивания.

Воссоздание структуры месторождения и увязка угольных пластов и отдельных пачек на геологических разрезах, ввиду крайне изменчивого литологического состава пород, слагающих продуктивную толщу, и отсутствия маркирующих горизонтов, является очень трудным при разведке буровыми скважинами, несмотря на сравнительно густую их сеть. Поэтому и синонимика пластов угля может иметь условный характер.

В связи со сложным геологическим строением, невысокой и непостоянной угленасыщенностью и сложными горнотехническими условиями участок относится к месторождениям группы «в» (по соотношению запасов).

Разведка участка проводилась только скважинами механического колонкового бурения, расположенными по линиям вкрест простирания пород угленосной свиты. Расстояния между линиями составляют 80—120 м, а между скважинами в линиях 20—60 м. Качество буровых работ в ряде пересечений пластов угля характеризуется низким выходом угольного керна. Проведенным каротажем установлены частичные пропуски при бурении пластов угля рабочей мощности. Проверка мощности пластов угля проводилась также боковым стреляющим грунтоносом. Угли месторождения относятся к бурым с зольностью 25—35% на сухое топливо и теплотворной способностью в 4900 кал.

Гидрогеологические условия участка изучены по данным откачек, установивших незначительную обводненность участка.

Подсчет запасов производился методом геологических блоков с учетом среднего угла падения.

На рис. 303 изображена часть подсчетного плана верхней пачки пласта Восточно-Батуринского I. В связи с блочной геологической структурой участка запасы угля классифицируются только по категориям В и С<sub>1</sub>. При этом запасы, приуроченные к отдельным тектоническим блокам, отнесены к категории В в контуре буровых скважин, пересекающих пласт с рабочей мощностью, а запасы категории С<sub>1</sub> являются лишь небольшой подвеской к категории В в направлении дизъюнктивных нарушений и линии предполагаемого выклинивания пласта угля.

Другим примером классификации запасов углей третьей группы может служить часть участка одного из месторождений угля Дальнего Востока, изображенного на рис. 304. Поперечный разрез свиты пластов этого месторождения показан на рис. 305; разрез расположен в восточной части площади.

Рассматриваемый участок сложен породами мелового возраста. Угленосная толща прорвана многочисленными жилами кайнозойских изверженных пород, отходящими от большого массива липаритов, расположенного на южном крыле крупной синклинали складки, осложненной флексурообразным изгибом пластов. На этой площади в средней подсплыве установлено до десяти сближенных рабочих пластов угля с падением под углами 35—55°.

Участок характеризуется весьма сложной структурой. Угленосные отложения надвинуты на палеозойские породы. Они собраны в складки северо-восточного простирания, погружающиеся в том же направлении и нарушенные рядом дизъюнктивов как продольных, так и поперечных.

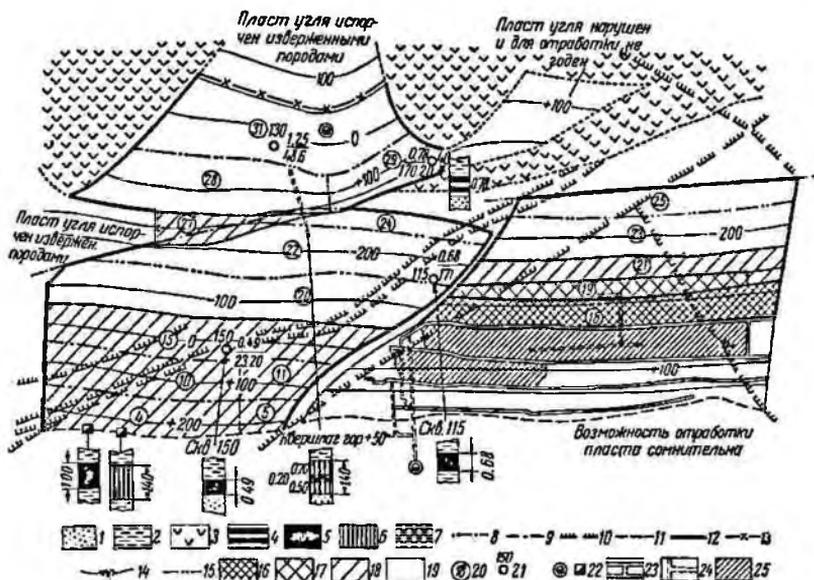


Рис. 304. Классификация запасов каменного угля по одному из пластов месторождений Дальнего Востока

1 — песчаник; 2 — алевролит и аргиллит; 3 — изверженные породы; 4 — сланец углестый; 5 — уголь; 6 — уголь сланцеватый; 7 — кокс естественный; 8 — геологические контуры; 9 — ось синклинали; 10 — тектонические нарушения предполагаемые; 11 — выход угольного пласта на поверхность; 12 — контур подсчета запасов; 13 — граница годного угля; 14 — изгибы угольного пласта; 15 — граница блока; 16 — запас кат. А; 17 — запас кат. В; 18 — запас кат. С; 19 — запас кат. С; 20 — номер блока; 21 — скважина и ее номер (цифры возле скважины обозначают: в числителе — мощность угольного пласта, в знаменателе — глубину скважины); 22 — шахта (1) и шурф (2); 23 — горные выработки в плоскости пласта; 24 — горные выработки вне плоскости пласта; 25 — выработанное пространство

Отсутствие в угленосной толще четких маркирующих горизонтов, непостоянство мощностей и строения пластов, сложность структуры, связанная с тектоникой, а иногда и с пластовыми интрузиями — все это исключает возможность детального изучения условий залегания и поведения угольных пластов при буровой разведке и заставляет считать достаточно изученными только те площади, которые вскрыты горными выработками.

Подсчет запасов пласта, изображенного на рис. 304, произведен на трех обособленных нарушениях площадях, из которых две находятся на южном крыле складки (одна — на восточном, другая — на западном участке ее) и одна — на северном крыле флексурного перегиба пласта.

Пласт, вскрытый на восточном участке южной площади, разрабатывается шахтой, данные по горным работам которой являются здесь единственным материалом для подсчета запасов; пласт на западном участке

южной площади прослежен на выходе двумя шурфами и двумя скважинами.

На северной площади пласт сложного строения вскрыт двумя скважинами из выработок по вышележащему пласту на горизонтах  $+50$  и  $+150$  м, а также тремя скважинами. Угольного керна по этим скважинам получено не было. К западу от площади описываемый пласт замещен жилой изверженных пород, что следует из данных горных работ соседней шахты

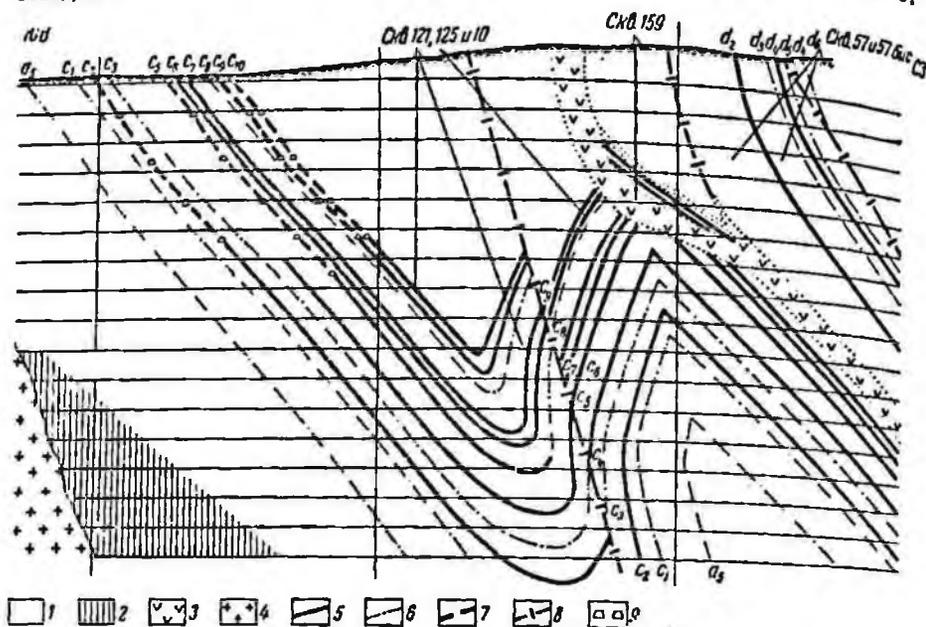


Рис. 305. Геологический разрез к рис. 304

1 — инжелецеловые отложения; 2 — перские отложения; 3 — фельзиты и липариты; 4 — грановориты; 5 — пласты угля рабочей мощности; 6 — пласты угля неробочей мощности; 7 — пласты угля отработанные; 8 — предполагаемые нарушения; 9 — штреки

Подсчет запасов произведен методом геологических блоков путем построения горизонтальной проекции пласта по отдельным разделенным нарушениями блокам.

К категории  $A_2$  отнесены запасы части восточной площади только в контуре горных работ до глубины пройденного уклона по пласту угля и штрека из него. Ниже этой глубины запасы на один эксплуатационный горизонт в пределах фронта горных работ отнесены к категориям В и  $C_1$ ; запасы остальной площади — к категории  $C_2$ .

На западной площади запасы до горизонта, вскрытого горными работами в соседней восточной площади, отнесены к категории  $C_1$ ; запасы, находящиеся ниже по падению, — к категории  $C_2$ .

На северной площади, ввиду отсутствия угольного керна по буровым скважинам, близости к зоне замещения пласта изверженными породами и повышенной зольности угля в точках его пересечения кварцитами, запасы классифицируются по категории  $C_2$ .

## Б. Месторождения горючих сланцев

Условия применения классификации запасов к месторождениям горючих сланцев описаны в Инструкции ГКЗ, подготовленной И. С. Заб-нинным, в соответствии с основными положениями которой и составлен настоящий раздел книги.

## Использование горючих сланцев и требования промышленности к изучению их качества

Горючими сланцами называют осадочные горные породы, представляющие собой ископаемый сапропелевый или морского или озерного происхождения. При нагреве горючих сланцев выше 150° С начинается разложение органической части их и выделение газообразных продуктов. Это выделение достигает максимума при 350—400° С, а при 500° С почти все органическое вещество горючих сланцев переходит в газ, который при охлаждении дает в основном сланцевую смолу, близкую по физико-химическим свойствам к сырой нефти.

В отличие от ископаемых углей, высокое содержание золы в горючих сланцах не препятствует их промышленному использованию, так как обильное газовыделение при нагреве способствует интенсивному горению и обеспечивает высокую и устойчивую температуру в топках.

В промышленности горючие сланцы используются как твердое топливо, для получения жидкого топлива или горючего газа и как химическое сырье. Минеральная часть горючих сланцев, остающаяся в виде золы после сгорания органического вещества, употребляется в производстве цемента, сланцевольного кирпича и в качестве удобрения.

При использовании в качестве твердого топлива горючий сланец сжигается в виде порошка в топках во взвешенном состоянии. Основное использование горючих сланцев — это производство из них высококалорийного бытового газа и жидкого топлива на газсланцевых заводах. При этом дополнительно получают смазочные масла, битум и сера. Применяют их также в качестве химического сырья: из органической массы горючих сланцев может быть получено много различных химических продуктов.

Качество горючих сланцев определяется в основном содержанием в них органического вещества, причем наиболее важными качественными показателями являются их теплотворная способность (на сухой сланец) и выход сланцевой смолы. В настоящее время в промышленности приняты следующие нормативы качества горючих сланцев для их разработки, производства разведочных работ, учета запасов и проектирования (табл. 80).

Таблица 80

Качественные нормативы месторождений горючих сланцев

Наименование бассейна	Наименьшая мощность пласта для подземных работ, м	Наименьшая теплотворная способность, кал	Наименьший выход смолы, %
Прибалтийский	0,70	2000	14
Приволжский	0,70	1700	6

Запасы горючих сланцев, выявленные в контурах разведываемых месторождений, но не удовлетворяющие установленным нормативам по качеству или по мощности пластов, учитываются как забалансовые. Показателями нижнего предела этой группы запасов являются горючие сланцы с теплотворной способностью в 1500 кал.

Учет всех запасов горючих сланцев производится с подразделением их по теплотворной способности на следующие группы: 1500—1700, 1700—2000, 2000—3000 и более 3000 кал.

Самостоятельным пластом считается пачка горючего сланца или комплекс пачек, отделенных прослоем породы мощностью более одного метра. Пачки горючего сланца, отделенные от основного пласта прослоем

породы, могут быть отнесены к пласту в том случае, если мощность отделяющего прослоя не превышает полуторной мощности отделяемой им пачки горючего сланца. Рабочим пластом горючего сланца простого строения называется пласт, удовлетворяющий наименьшей мощности и нормативу качества горючего сланца. При сложном строении наименьшая мощность пласта простого строения увеличивается на суммарную мощность породных прослоев, входящих в рабочую часть пласта; суммарная мощность породных прослоев не должна превышать 50% общей мощности пласта.

Качественные показатели для пластов сложного строения — зольности с учетом засорения определяются аналогично таковым для угля.

#### Группировка месторождений и требования к методике разведки и изучению горючих сланцев

Основными признаками, определяющими методику разведки месторождений горючих сланцев, являются геологическое строение месторождения и выдержанность сланцевых пластов по мощности, строению и качеству.

По характеру геологического строения все месторождения горючих сланцев могут быть разделены на две группы:

I группа — месторождения с горизонтальным или близким к горизонтальному залеганием сланцевой толщи, разведываемые по прямоугольной сетке (например, Прибалтийский сланцевый бассейн).

II группа — месторождения с отчетливо выраженными складчатыми структурами, разведываемые линиями выработок, ориентируемых вкрест простирания сланцевых пластов или перпендикулярно к осям складок (например, месторождения сланцев в Азербайджанской ССР).

Для выбора разведочной сети большое значение имеет выдержанность пластов горючего сланца в пределах месторождения или шахтного поля, что определяется отсутствием или наличием в пределах разведываемой площади месторождения переходов от рабочей мощности к нерабочей и от кондиционного по качеству сланца к некондиционному.

В соответствии с этим пласты горючего сланца разделяются на два типа:

а) пласты выдержанные, устойчивые по мощности, характеру строения и качеству сланца в пределах шахтного поля или всего месторождения; мощность пластов и качество сланцев соответствуют принятым кондициям (за исключением незначительных размывов или тектонических пережимов);

б) пласты невыдержанные, линзовидные, незакономерно меняющиеся мощности, строение и качество сланца, выходящие за пределы кондиций.

Разведка месторождений горючих сланцев производится на основе геологических карт масштаба 1 : 50 000 или 1 : 25 000.

Густота разведочной сети принимается в зависимости от типа месторождения, сложности строения и выдержанности пластов горючих сланцев примерно в следующих размерах (табл. 81).

Таблица 81

Разведочная сеть для месторождений горючих сланцев

Тип пласта	Расстояние между выработками или разведочными линиями, м	
	для категории А <sub>2</sub>	для категории В
а) выдержанные, устойчивые	500	1000
б) невыдержанные, линзовидные	250	500

Приведенные в таблице величины характеризуют для месторождений I группы густоту разведочной сети выработок, а для месторождений II группы — расстояния между разведочными линиями; расстояния между скважинами на разведочных линиях при разведке месторождений II группы определяются условием обязательного получения открытого (непрерывного) разреза. Указанные в таблице расстояния между разведочными выработками и профилями ориентировочные и могут быть изменены при соответствующих геологических условиях.

В приконтурной полосе и на границах с нерабочей мощностью пластов горючего сланца сеть скважин сгущается с целью более точного построения этого контура. На участках, пригодных для открытых работ, разведочная сеть сгущается в зависимости от сложности рельефа, выдержанности пласта по мощности и качеству горючего сланца, а также мощности, состава и характера вскрышных пород.

Помимо скважин основной сети, для уточнения тектонической структуры проходятся дополнительные разведочные выработки (скважины), располагаемые между линиями.

Для разведки месторождений горючих сланцев применяются главным образом скважины колонкового бурения и реже горные выработки: шурфы и штольни с рассечками, газенками, при неглубоком залегании — канавы. Тип разведочных выработок выбирается в зависимости от условий залегания и разреза изучаемой толщи.

При разведке скважинами колонкового бурения выход керна по полезной толще должен быть достаточно высоким (не менее 70—75%), обеспечивающим достоверность документации изучаемого разреза.

Ориентировка сети разведочных выработок определяется с учетом элементов залегания полезной толщи и вероятного направления наибольших изменений мощности и состава горючих сланцев. Горизонтально и пологозалегающие пластовые или лизовидные толщи разведываются по квадратной сети. При складчатом или моноклинальном залегании с относительно крутыми углами наклона выработки располагаются по разведочным линиям, ориентированным вкрест простирания структуры или протяженности разведываемой толщи.

Разведочные выработки проходятся на всю мощность полезного ископаемого. При наклонном залегании и большой мощности разведываемой толщи глубина выработок должна быть такой, чтобы получить сплошной разрез по профилю. Если наклонно залегающая толща разведывается с поверхности канавами, а на глубине — вертикальными или наклонными скважинами, скважины и канавы рекомендуется располагать на одном профиле.

В процессе разведочных работ следует предусмотреть в достаточном объеме опробование горючих сланцев. По всем выработкам, пересекшим сланцевую толщу, необходимо проведение послойного опробования. Мощность опробуемого интервала не должна превышать одного метра. Литологически различные пачки сланцевых пластов опробуются отдельно.

При изучении проб горючих сланцев в зависимости от использования в промышленности необходимо:

- а) по всем пробам определить показатели, предусмотренные условиями для данного месторождения (теплотворная способность, выход смолы, содержание золы и серы);
- б) провести исследования на содержание влаги на рабочее топливо ( $W^p$ ), влаги на лабораторное топливо ( $W^a$ ), золы на абсолютно сухой сланец ( $A^e$ ), минеральной углекислоты на абсолютно сухой сланец, серы общей на абсолютно сухой сланец, выход летучих на горючую массу, а также определить теплотворную способность на рабочее топливо ( $Q_n^p$ ), на абсолютно сухой сланец ( $Q_n^e$ ) и на горючую массу

( $Q_6^*$ ), кроме того, получить данные по элементарному составу органической части и химическому составу золы горючих сланцев. Количество указанных определений устанавливается в зависимости от изменчивости данного показателя и общей изученности месторождения. В случае хорошо изученного месторождения теплотворная способность может быть определена по графику зависимости между зольностью и теплотворной способностью с проведением дополнительного контроля по пробам, для которых теплотворная способность находится на грани кондиций;

в) для горючих сланцев, пригодных для полукоксования, гидрирования и газификации, изучить их макроскопически и микроскопически с целью установления связи между петрографическим составом и свойствами горючих сланцев;

г) для пластов сложного строения, в которых отдельные слои горючих сланцев, пригодных для полукоксования и газификации, чередуются с энергетическими, представить их характеристику как отдельно по слоям, так и по всему пласту в целом;

д) для месторождений, в которых предварительная разведка показывает наличие горючих сланцев с выходом сланцевой смолы на рабочее топливо выше 10%, предположительно пригодных для получения жидкого топлива и продуктов химической переработки, по всем опробованным точкам провести, помимо общих, послойные химические анализы: на содержание серы общей и органической, на выход сланцевой смолы, газа, полукокса и подсмольной воды по алюминиевой реторте; для сланцевой смолы выяснить физические свойства, температуру вспышки и групповой состав смолы, разгонку смолы по фракциям, количество во фракциях серы и фенолов; для газа и подсмольной воды — дать характеристику состава и свойств;

е) для месторождений горючих сланцев, которые могут быть использованы для газификации, дополнительно провести определения выхода смолы, газа, полукокса и воды в алюминиевой реторте, опытные испытания выхода газа при высоких температурах, анализ газа и температуры плавления золы.

Качество анализов должно быть проверено путем контрольных анализов дубликатов проб в количестве около 10% от общего числа анализируемых проб. Контрольные анализы должны производиться систематически в течение всего периода аналитических работ, по возможности в специализированной лаборатории.

Оценка технологических свойств горючих сланцев для вновь осваиваемого района производится на основе соответствующего заключения специализированной организации. Учитывая, что эта оценка в большинстве случаев может быть дана только на основе технологических испытаний, при разведке должны быть отобраны представительные технологические пробы, объем которых согласовывается с исследовательской организацией, производящей эти испытания.

При разведке горючих сланцев особое внимание должно обращать на полноту и качество первичной документации естественных выходов горючих сланцев и пород сланценосной толщи, всех разведочных выработок и особенно горноэксплуатационных выработок, если таковые имеют место на разведываемой площади. Рекомендуется применять геофизические методы, дающие, в частности, в Прибалтийском бассейне отчетливые материалы по выявлению карстов и размывов продуктивных горизонтов сланцевой толщи пород.

Запасы горючих сланцев подсчитываются в тысячах тонн. Объемный вес их определяется послойно как по керну буровых скважин, так и в горных выработках. Одновременно с определением объемного веса должны быть определены гигроскопическая влажность и зольность.

В процессе разведки должны быть изучены горнотехнические условия разработки месторождений, гидрогеологические особенности эксплуатации, вероятные притоки воды в горные выработки.

Разведку сланцевых месторождений следует вести комплексно; попутно с горючими сланцами изучаются все сопутствующие полезные ископаемые (известняки — как строительный материал, глины — как огнеупоры и т. д.). Зола горючих сланцев исследуется на содержание редких элементов.

### Классификация запасов и условия отнесения их к категориям

К категории  $A_1$  относят запасы, полностью изученные и оконтуренные подготовительными горными выработками при положительных данных по мощности пластов и качеству горючего сланца; горнотехнические и гидрогеологические условия разработки изучены; промышленные сорта горючих сланцев и их распределение установлены по каждому блоку; технология переработки горючих сланцев изучена на основе опыта промышленного использования.

Запасы категории  $A_1$  служат для обоснования текущего производственного планирования эксплуатационных работ.

К категории  $A_2$  относят запасы, детально разведанные и оконтуренные горными выработками или буровыми скважинами. Запасы категории  $A_2$  не требуют дополнительной разведки, кроме эксплуатационной, проводимой в местах закладки стволов шахт, разрезных траншей и других капитальных горных выработок; а также с целью детализации геологического строения, уточнения гипсометрии и гидрогеологических условий.

Запасы категории  $A_2$  являются обоснованием для проектирования эксплуатационных работ и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий.

Для отнесения запасов к категории  $A_2$  необходимо соблюдение следующих условий:

а) общее геологическое строение месторождения (участка) выявлено достаточно полно; установлены стратиграфия и характер структуры; синонимика слоев горючих сланцев определена вполне точно;

б) условия залегания пластов горючих сланцев изучены, точно выяснена гипсометрия почвы пластов по всему месторождению или участку, установлена литологическая характеристика кровли и почвы пластов;

в) общее количество выработок, вскрывших пласт, достаточно для суждения о его характере и выдержанности;

г) горнотехнические условия эксплуатации изучены; при наличии зон нарушения и закарстованных участков установлены их границы и характер вмещающих пород; для участков открытой добычи сланцев изучены инженерно-геологические свойства пород вскрыши и определен объем последней;

д) качество и технологические свойства горючих сланцев выяснены путем изучения типичных средних проб, а также проб от природных разновидностей из отдельных слоев с детальностью, обеспечивающей проектирование схемы технологического использования горючих сланцев в промышленности;

е) распределение горючих сланцев различного качества установлено по отдельным блокам месторождения (участка);

ж) гидрогеологические условия месторождения изучены, выполнены расчеты водопритокров с указанием одновременно наиболее опасных обводненных зон; для разведанного месторождения необходимо обоснованно подтвердить его аналогию с эксплуатируемым, гидрогеологические

условия которого известны; на месторождении, где обводненность представляет препятствие для разработки, должны быть проведены соответствующие наблюдения и специальные гидрогеологические работы (откачки, кусты скважин и др.).

При соблюдении указанных условий к категории  $A_2$  относят запасы блоков, по степени разведанности отвечающие следующим требованиям:

а) структура (тектоническое строение) блока изучена; каждый тектонический элемент — крыло складки, участок, ограниченный нарушениями, — установлен разведочными выработками, однозначно определяющими его положение; при горизонтальном и пологом залегании гипсометрия пласта сланца прослежена;

б) запасы подсчитаны в контуре выработок, расстояния между которыми соответствуют принятым для категории  $A_2$ ;

в) на месторождениях со спокойным залеганием пластов и устойчивыми мощностями и качеством допускается спрямление блоков за оконтуривающие выработки для достижения правильных очертаний блоков и совмещения их границ с изогипсами;

г) блоки категории  $A_2$  должны представлять собой площади достаточных размеров; мелкие изолированные, а также вытянутые остроугольные блоки в категории  $A_2$  не включаются;

д) оконтуривающие и внутриконтурные выработки имеют положительные данные по мощности, строению и качеству горючего сланца; на смежных блоках отсутствуют выработки с нерабочей мощностью и с некондиционным качеством сланца.

К категории В относят запасы, разведанные и оконтуренные горными выработками или скважинами, либо непосредственно примыкающие к детально разведанным запасам категорий  $A_1$  и  $A_2$ ; общая стратиграфия, основные элементы тектоники, синонимика слоев сланца, литологический состав сланценосной толщи, а также гидрогеологические и горнотехнические условия изучены; качество горючих сланцев и направление их использования определены; отдельные технологические разности горючих сланцев выделены как путем химико-технологических исследований, так и путем петрографического изучения.

Запасы категории В совместно с запасами категории  $A_2$  в установленных соотношениях служат для обоснования проектов и капиталовложений в строительство горного предприятия.

При соблюдении указанных условий к категории В относят следующие запасы:

а) в блоках, оконтуренных разведочными выработками, расстояния между которыми соответствуют принятым для категории В;

б) в блоках, непосредственно примыкающих к контуру запасов категории  $A_2$  или к горноэксплуатационным работам, при условии хорошей выдержанности мощности, строения и качества сланца, а также достаточной обоснованности построения структуры. Величина экстраполяции должна быть геологически обоснована и не должна превышать половины расстояний между разведочными линиями и выработками, принятых для категории  $A_2$ ;

в) мелкие изолированные, а также вытянутые, остроугольные блоки в категорию В не включаются.

К категории  $C_1$  относят запасы, определенные на основании редкой сети буровых скважин или горных выработок, а также запасы, примыкающие к разведанным запасам категорий  $A_2$  и В. Структура месторождения, синонимика пластов горючих сланцев и прочие геологические факторы определены на основании общих данных и проверены по редким разведочным выработкам и естественным выходам и обнажениям; природные типы, качество и технологические свойства горючих сланцев изу-

чены предварительно на основании лабораторных испытаний по отдельным пробам, взятым из буровых скважин или из горных выработок.

В случае весьма сложного строения месторождения и неустойчивости пластов к этой категории относят и более детально разведанные блоки, структура и качество сланца в которых остаются не вполне выясненными.

Запасы категории  $C_1$  служат обоснованием для постановки детальных геологоразведочных работ. При наличии запасов категорий  $A_2$  и  $B$  в установленных соотношениях запасы категории  $C_1$  служат обоснованием для проектирования эксплуатационных работ и капиталовложений в строительство горнодобывающих предприятий.

При наличии запасов категорий  $A_2$  и  $B$  к категории  $C_1$  относят запасы:

а) в блоках, прилегающих к площади запасов категорий  $A_2$  и  $B$ , в пределах достаточно обоснованной экстраполяции рабочей мощности и кондиционного качества, не превышающих половины расстояний между линиями и между выработками, установленных для категории  $B$ ;

б) в блоках, расположенных вдоль крупных нарушений, прилегающих к контуру рабочей мощности или кондиционного качества, границы которых построены путем интерполяции. По блокам, примыкающим к участкам с нерабочей мощностью, запасы рекомендуется подсчитывать по мощности, вычисленной как средняя из значений по близрасположенным выработкам с учетом рабочего контура.

К категории  $C_2$  относят запасы пластов горючего сланца, для которых стратиграфическое положение и качество сланцев установлены предварительно на основании вскрытия в отдельных точках, а контуры распространения определены по данным геологической съемки или геофизическими методами. К категории  $C_2$  относят также запасы на площадях вероятного распространения горючего сланца, примыкающих к контуру запасов категории  $C_1$ .

Запасы категории  $C_2$  служат обоснованием для планирования геологоразведочных работ, а также учитываются при проектировании горнодобывающих предприятий для определения перспектив их развития наряду с запасами других категорий.

### Примеры классификации запасов горючих сланцев

В качестве примера можно привести классификацию запасов горючих сланцев части шахтного поля одного из месторождений Прибалтийского сланцевого бассейна, изображенного на рис. 306; геологический разрез приведен на рис. 307 (по данным Н. И. Егорова и В. С. Сизовой).

Месторождение сложено породами кембрия и ордовика, залегающими почти горизонтально с очень небольшим углом падения на восток (величина угла измеряется минутами), перекрытыми плащом четвертичных (ледниковых) отложений, достигающих мощности 25 м. Сложный пласт горючих сланцев залегает в средней части ордовикских известняков на глубине 5—25 м и более от поверхности. Пласт состоит из восьми сближенных пачек сланцев, имеющих буквенные обозначения (А, В, С, D, Е, F, G и H) и разделяющихся прослоями битуминозных известняков. При этом слои А, В, С, D, Е и F залегают довольно компактно, отделяясь друг от друга прослоями известняков небольшой мощности в 5—20 см, в то время как слои G и H отделены от нижних слоев горючего сланца пластом известняка мощностью более 1,0 м.

Суммарная средняя мощность сланцевого горизонта, включающего все слои от А до H, достигает более 5,0 м, а «промпласт» (слои от А до F включительно) имеет мощность в 3—3,5 м. Отдельные слои горючих сланцев имеют мощности: А — 15—20 см, В — 25—70 см, С — 20—70 см, D — 5—17 см; Е — 25—70 см и F — 50—80 см, слои G и H в большей

части плеют мощности 12—20 см и благодаря своей отдаленности не разрабатываются, а запасы их относятся к забалансовым.

На месторождении развиты карстовые полосы шириною до 100 м, в пределах которых горючий сланец обычно совсем отсутствует или представляет собой раздробленную массу сланца и известняка. В последнее

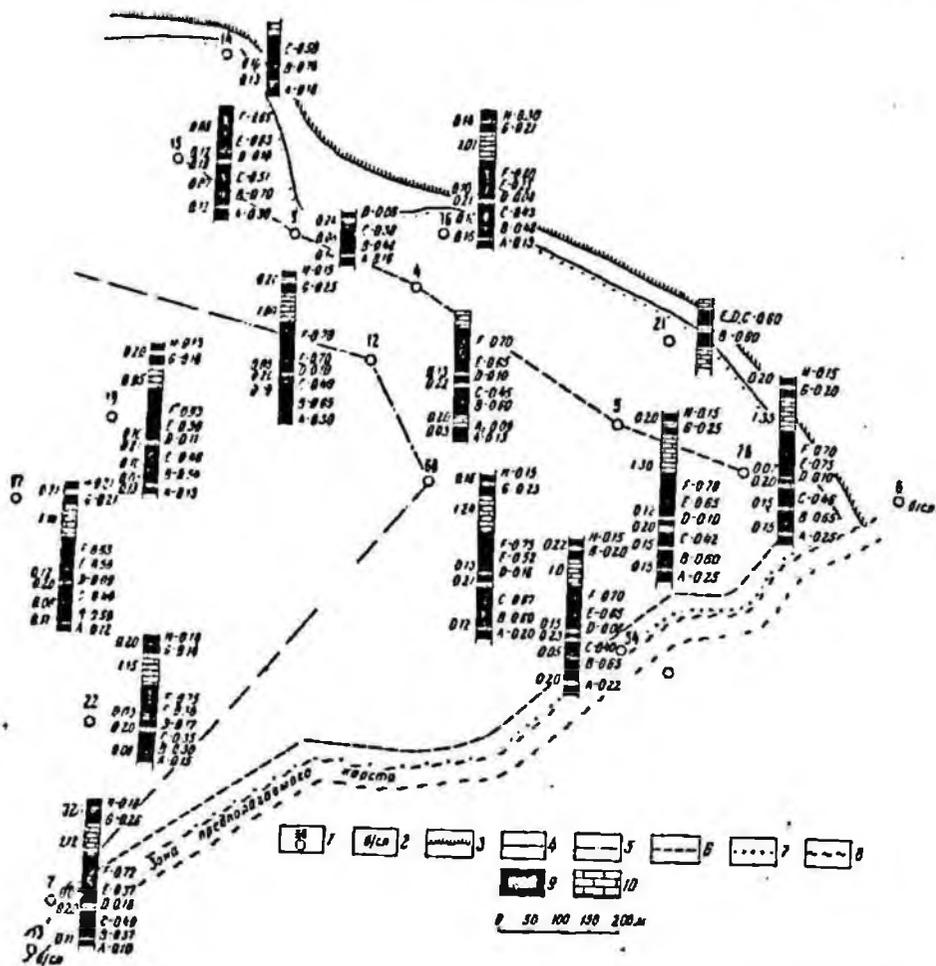


Рис. 306. Классификация запасов горючего сланца части одного месторождения Прибалтийского бассейна

1 — номер буровой скважины; 2 — скважины без сланца (цифры слева колонок — мощность прослоев известняка, буквы и цифры справа — индекс слоя горючего сланца и его мощность); 3 — нулевой контур „промгластв“ горючих сланцев; 4 — контур 0,7 м мощности горючих сланцев; 5 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 6 — контур запасов кат. В; 7 — контур запасов кат. С; 8 — предполагаемая зона карста; 9 — горючий сланец; 10 — известняк

время эти карстовые полосы сравнительно хорошо фиксируются и оконтуриваются геофизическими методами разведки (электропрофилированием).

Разведка месторождения обычно производится буровыми скважинами, расположенными по квадратной сети, с расстояниями между ними для категории А<sub>2</sub> 500 м. На рассматриваемом участке (см. рис. 306) пробурено несколько дополнительных скважин с целью более точного оконтуривания пласта горючих сланцев в связи с его генетическим выклиниванием на севере и северо-востоке и наличием карстовых полос на юго-востоке.

Все скважины опробованы. Качество горючих сланцев характеризуется следующими данными: теплотворная способность в пределах от 2700 до 4800 кал, выход смол от 15 до 30%, зольность на сухое топливо — 36—52%, содержание серы от 0,7 до 3% (последняя обусловлена повышенным содержанием в некоторых слоях пиритизированных прожилков). Объемный вес равен 1,53—1,55. Гидрогеологические условия сравнительно несложные.

Подсчет запасов произведен методом геологических блоков. К категории А<sub>1</sub> отнесены запасы в контуре скважин 7—68—12 и далее на запад (вне указанного на рисунке плана), где пласт имеет хорошую характеристику и разведан по категории А<sub>2</sub>.

К категории В относятся запасы сланца также в контуре разведочных скважин, но по некоторым из них фиксируется снижение мощности слоев (скв. 9 и одна скважина западнее, вне рис. 306); положение контура «промпласта» горючих сланцев на юге участка, где имеется карст, определено условно (по геофизическим данным).

К категории С<sub>1</sub> отнесены запасы в предполагаемом контуре мощности 0,70 м (подвеска к запасам категории В в сторону выхода пласта и в направлении выклинивания в зоне карста).

## в. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Общая группировка месторождений нерудных полезных ископаемых для целей классификации их запасов

Попытка систематизировать разнообразные месторождения нерудных полезных ископаемых была сделана в 1953 г. при составлении таблицы соотношения балансовых запасов полезных ископаемых категорий А<sub>2</sub>, В и С<sub>1</sub>, необходимых для разработки проектов и выделения капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий. В таблице все месторождения неметаллических полезных ископаемых по условиям залегания, характеру изменения мощности тела полезного ископаемого, его химического состава или технологических свойств, а также

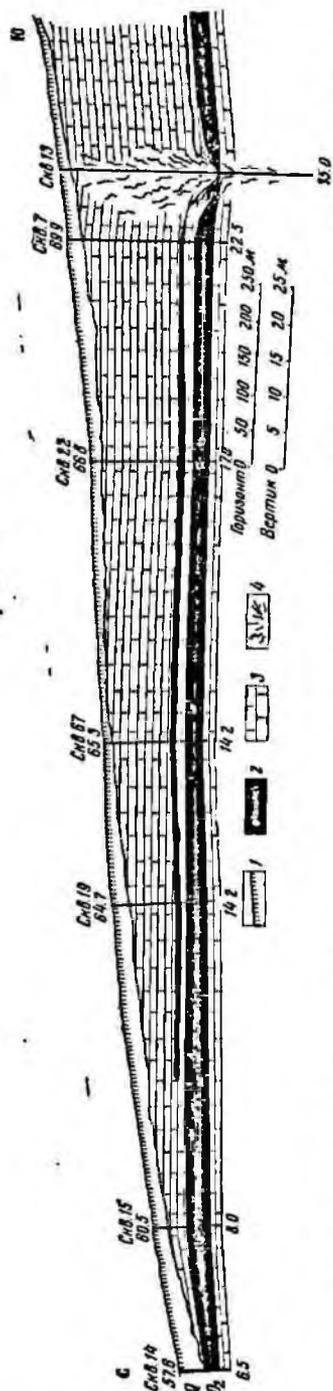


Рис. 307. Геологический разрез по скважинам месторождения горючего сланца Прибалтийского бассейна (к рис. 306)

1 — четвертичные отложения; 2 — горючий сланец; 3 — известняки; 4 — зона карста

в зависимости от вида сырья и его назначения разделены на 6 групп. К сожалению, характеристика групп приведена в отдельном приложении к таблице и дана без указания вида сырья и его назначения. В этом же приложении приведены и конкретные примеры отнесения к той или иной группе наиболее известных месторождений неметаллических полезных ископаемых.

Ниже описаны обобщенные материалы таблицы и приложения к ней с выделением группы месторождений.

1. Пластовые месторождения глины, кварцитов, кварцевых песков, более или менее выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу и технологическим свойствам. В эту группу в качестве примеров включены Часов-Ярское, Трошковское, Курьинское, Нижне-Увельское, Баркинское, Апрельское, Березовское месторождения глины; Тарасовское, Антоновское, Шокшинское месторождения кварцитов; Кичигинское, Чаглинское, Первомайское, Люберецкое, Небольчинское, Константиновское месторождения кварцевых песков.

2. Пластовые месторождения гипса, фосфоритов, известняков, мела, доломитов, магнезитов, талька, каолина, асфальтита, облицовочных и каменностроительных материалов, более или менее выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу и технологическим свойствам. В качестве примеров месторождений этой группы указываются Артемовское и Никитовское месторождения гипса; Каратаусское, Егорьевское и Сеничско-Яремское месторождения фосфоритов; Еленовское, Барсуковское и Южно-Топарское месторождения известняков; Голосняковское и Белогоровское месторождения мела; Ново-Троицкое, Ямское, Карагайское, Алексеевское, Большегорское месторождения доломитов; Саткинское, Бакальское, Бороканское месторождения магнезитов. В эту же группу включены и месторождения кварцитов типа Овручского или Первоуральского.

3. Пластовые месторождения каменной и калийных солей, а также самородной серы, более или менее выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу и технологическим свойствам. Как примеры в эту группу включены Славянское, Верхне-Камское, Старобинское, Гаурдакское месторождения солей, Раздольское, Алексеевское, Чапгыр-ташское, Шорсуйское месторождения самородной серы.

4. Пластообразные, линзовидные и жильные месторождения баритов, серного колчедана, плавикового шпата, датолитов, боратов, хризотил-асбеста, графита, полевого шпата, апатитов, более или менее выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу и технологическим свойствам. К этой группе относятся Чордское, Карагайлинское, Змеиногорское месторождения барита; Парандовское, Чирагидзорское месторождения серного колчедана; Наугарзанское, Вознесенское, Колонгуйское месторождения плавикового шпата; Тетюхинское месторождение датолитов; Баженовское и Джетыгаринское месторождения хризотил-асбеста; Завальевское и Батогольское месторождения графита; месторождения полевого шпата — Серая Горка и Булка; Кукисвумчорское и Юкспорское месторождения апатитов.

5. Жильные, линзообразные, гнездовые месторождения слюды и других полезных ископаемых, не выдержанные по простиранию, мощности, химическому составу и технологическим свойствам. В качестве примера месторождений этой группы указываются месторождения мусковита Мамско-Чуйского района, Риколатвинское и Енское в Мурманской области, месторождения флогопита Алданского района.

6. Месторождения пьезокварца, исландского шпата, амфибол-асбеста, драгоценных камней, алмазов и отдельные месторождения слюды с исключительно сложным и неравномерным характером распре-

деления полезного ископаемого и чрезвычайно сложными формами рудных тел.

Приведенная выше группировка месторождений неметаллических полезных ископаемых, являющаяся обязательной при определении степени подготовленности месторождения для промышленного освоения, не может быть использована для определения методики их разведки и классификации запасов, как это сделано для рудных месторождений. Основной причиной этого является то, что все месторождения какого-либо полезного ископаемого, несмотря на многообразие их геологического строения и различные размеры, включены только в одну группу, куда входят также месторождения и других полезных ископаемых, с резко различной методикой разведки.

Вследствие этого Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР с помощью широкого коллектива работников промышленных организаций и ведомств разработаны требования по классификации запасов применительно к конкретным видам промышленного сырья. Однако изложение принципов классификации для всех видов неметаллических полезных ископаемых в зависимости от их назначения сделало бы этот раздел громоздким и излишним для широкого круга геологов-разведчиков. Геологи, занимающиеся разведкой отдельных видов неметаллических полезных ископаемых, могут воспользоваться соответствующими инструкциями ГКЗ по применению классификаций запасов к интересующему их виду минерального сырья.

Ниже приводится разделение месторождений неметаллических полезных ископаемых на три группы с описанием в каждой из них условий классификации запасов по основным видам минерального сырья. При группировке месторождений неметаллических полезных ископаемых главное внимание уделено геологическим условиям формирования месторождений, определяющим, в свою очередь, их форму и строение. Промышленное назначение сырья учитывалось при классификации месторождений внутри выделенных групп.

1. Группа месторождений осадочного происхождения. В группу входят месторождения глин и каолинов, песка и гравия, известняков и доломитов, гипсов, опок, диатомитов и трепелов, сланцев, а также соли, фосфоритов и самородной серы. Полезные ископаемые этой группы широко используются промышленностью строительных материалов, а также в металлургической и химической промышленности.

2. Группа месторождений изверженных пород. Сюда входят месторождения разнообразных магматических горных пород, разрабатываемых в качестве естественных каменных строительных материалов и в меньшей мере используемых в огнеупорной и цементной промышленности.

3. Группа месторождений магматогенного происхождения. В группу включены месторождения магнезита, полевого шпата, слюды, серного колчедана, асбеста, графита, талька, флюорита, барита и других полезных ископаемых аналогичного генезиса. Полезные ископаемые месторождений этой группы широко используются в различных отраслях народного хозяйства. Иногда допускается отклонение от принятой группировки, так как придерживаясь ее, описание отдельных полезных ископаемых, как, например, самородная сера, образовавшихся в различных геологических условиях, нужно было бы приводить в двух разделах. Чтобы избежать этого, описание условий классификации запасов полезных ископаемых, имеющих различный генезис, приводится в группе, в которую входят месторождения данного полезного ископаемого, имеющие наибольший промышленный интерес.

Описание условий классификации запасов полезных ископаемых выделенных трех групп производится в основном по инструкциям Всесоюзной (до 1954 г.) или Государственной (после 1954 г.) комиссии по запасам и иллюстрировано примерами, взятыми из практики рассмотрения полезных запасов в ГКЗ в период 1955—1956 гг. Для отдельных полезных ископаемых, инструкции по которым не издавались или издавались в 1940—1942 гг. и в настоящее время устарели, описания условий классификации приводятся на основе опыта рассмотрения материалов подсчета запасов в ГКЗ.

## 1. Условия классификации запасов полезных ископаемых месторождений осадочного происхождения

Месторождения неметаллических полезных ископаемых осадочного происхождения можно разделить на две группы. Первая подгруппа характеризуется пластовой или пластообразной формой, в большинстве своем неглубоким залеганием и сравнительной простотой строения продуктивной толщи. Одним из наиболее сложных вопросов при разведке большинства месторождений осадочного генезиса является определение технологических свойств, которые в основном и определяют область использования полезного ископаемого и его качество. Примером классификации запасов данной подгруппы являются условия классификации запасов месторождений известняков и доломитов, глины и песков.

Вторая подгруппа месторождений осадочного происхождения представлена залежами сложной формы и строения, иногда залегающими на значительной глубине. В качестве примеров классификации запасов месторождений этой подгруппы приводятся условия классификации запасов месторождений серы, минеральных солей и фосфоритов.

Месторождения известняков и доломитов. Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР условия классификации запасов месторождений известняков и доломитов разработаны в зависимости от области их использования и изложены в четырех инструкциях по применению классификации: к месторождениям известняков, цементного сырья, каменных строительных материалов, доломитов и магнезитов. Однако практика рассмотрения материалов подсчета запасов в ГКЗ показывает, что во многих случаях геологами-разведчиками дается комплексная оценка запасов известняков и доломитов, слагающих полезную толщу, причем одни горизонты оцениваются как цементное или флюсовое сырье, а другие в качестве каменных строительных материалов, огнеупорного металлургического сырья, сырья для производства извести и т. д.

Кроме того, требования, предъявляемые к изучению условий залегания известняков и доломитов, их формы и строения, являются едиными и не зависят от области применения разведываемого сырья. Поэтому условия классификации месторождений известняков и доломитов, изложенные в вышеуказанных инструкциях, целесообразно свести в одно целое; классификация запасов месторождений комплексного сырья будет более правильной. Поскольку месторождения магнезита генетически отличны от месторождений известняков и доломитов и никогда не встречаются совместно с последними, условия их классификации в данном разделе не приводятся.

В инструкциях ГКЗ промышленная группировка месторождений известняков и доломитов производится в зависимости от природных факторов, определяющих методику их разведки, т. е. по условиям залегания, выдержанности мощности и качественных показателей. Группы, выделенные в отдельных инструкциях, не всегда увязываются, но основные

типы месторождений во всех инструкциях без труда сопоставляются друг с другом, что видно из табл. 82.

Сопоставление групп месторождений известняков и доломитов Таблица 82

Характеристика группы	Группа месторождений по инструкции ГКЗ			
	известняков	цементного сырья	каменных строительных материалов	доломитов
Горизонтально залегающие и пологопадающие пласты, выдерживающиеся по строению, мощности и качественным показателям на больших площадях	I	I	II	a-I
Горизонтально и пологозалегающие пласты и крупные линзы с мощностью и качественными показателями, практически существенно меняющимися в пределах сотен метров	—	II	—	—
Моноклиinally залегающие (и смятые в складки) с наклоном более 30° пластовые и пластообразные тела (и крупные линзы), выдерживающиеся по строению и качественным показателям при выдержанной или закономерно изменяющейся общей мощности полезной толщи	II	IV	III	a-II
Пластовые и крупные линзообразные, горизонтально залегающие и пологопадающие тела известняков и доломитов, не выдержанных по качеству	III	III	IV	б-I
Моноклиinally залегающие и смятые в складки пласты и крупные линзы с невыдержанными мощностью и качеством полезного ископаемого	IV	V	инструкцией не охватывается	б-II
Куполообразные и грядообразные массивы несложных рифовых известняков	V	инструкциями не охватываются		

Месторождения первой группы (см. табл. 82) распространены преимущественно в пределах платформы. Типичными представителями их являются месторождения известняков окского и серпуховского ярусов центральных областей Европейской части СССР, каменноугольные известняки Донбасса, месторождения известняков верхнемеловых отложений юго-запада, юга и юго-востока Европейской части СССР, месторождения верхнекарбонных доломитов Центральных областей Европейской части СССР, среднего кембрия Сибири, нижнепермских и нижнекаменноугольных доломитов Донбасса и др.

Ко второй группе относятся месторождения, распространенные главным образом также в пределах платформ. К данной группе могут быть отнесены месторождения известняков менее устойчивых по составу слоев среднего и верхнего карбона Подмосковной котловины, месторождения, связанные с неогеновыми известняками Молдавской ССР, юга Украины, некоторых частей Крыма и др.

К третьей группе относятся месторождения, приуроченные к областям интенсивного проявления горообразовательных процессов — геосинклинальным зонам и краевым зонам платформ. Сюда входят месторождения известняков и доломитов силурийского, девонского и каменноугольного возраста Урала и Кузнецкого бассейна, месторождения палеозоя Средней Азии, а также отчасти Забайкалья и Дальнего Востока.

Месторождения четвертой группы распространены в основном в пределах платформ. К ним относятся известняки и доломиты силура, девона, среднего карбона и верхней перми центральных, северо-западных и восточных областей Европейской части СССР.

Месторождения пятой группы отличаются сильно нарушенными условиями залегания полезной толщи, наличием пликтивных и дизъюнктивных дислокаций, а также метаморфизацией. Возраст известняков и доломитов обычно протерозойский или палеозойский. Месторождения известняков и доломитов этой группы известны в Казахстане, на Урале, Сибири, Забайкалье и Дальнем Востоке.

В шестую группу включены месторождения известняков, типичными представителями которых являются Стерлитамакские шиханы, Прикарпатские толтры, рифовые массивы Балаклавы. Сюда же могут быть отнесены ледниковые, тектонические и оползневые отторженцы.

Инструкциями ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям известняков и доломитов, составленными С. С. Виноградовым, предъявляется ряд общих требований к методике разведки и изучению месторождений.

При разведке месторождений известняков и доломитов вид разведочных выработок выбирается в зависимости от условий залегания и характера разреза изучаемой толщи. На месторождениях с выдержанными мощностью и литологическим составом полезной толщи вполне допустима разведка скважинами. В этом случае горные выработки проходятся лишь в таком объеме, чтобы получить пробы для технологических испытаний, определения объемного веса и контроля данных бурения. При разведке скважинами колонкового бурения выход керна по полезной толще должен быть не ниже 80%, а при разведке карбонатных пород в качестве каменных строительных материалов — не ниже 70%.

Форма и ориентировка разведочной сети, а также расстояния между разведочными выработками принимаются в зависимости от группы месторождения обычно в соответствии с данными, приведенными в табл. 83. Принятые в таблице расстояния являются ориентировочными, основанными на обобщенном опыте разведки аналогичных месторождений, без учета индивидуальных особенностей геологического строения отдельных месторождений. Вследствие этого в каждом конкретном случае расстояния между выработками могут быть изменены. Особенно часто сеть разведочных выработок разрежается при разведке уже эксплуатирующихся месторождений, в первую очередь на площадях, непосредственно прилегающих к действующему карьеру. В случае сложного рельефа поверхности полезной толщи должны быть пройдены дополнительные выработки по вскрышным породам на профилях между выработками, в центрах квадратов или прямоугольников основной сети. При разведке закарстованных месторождений известняков и доломитов дополнительными выработками должны быть охватуены все крупные карстовые воронки. Разведочные выработки проходятся на всю мощность полезной толщи или до установленного горизонта. Если толща известняков или доломитов имеет наклонное или крутое залегание, углы наклона и расстояния между выработками должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить получение сплошного разреза по разведочным линиям. Если при этом полезная толща вскрывается с поверхности канавами, необходимо добиваться увязки слоев и пачек, вскрытых канавами и глубокими выработками.

Все разведочные выработки, а также естественные и искусственные обнажения подробно документируются. Опробованию подвергаются все выработки, пересекающие полезную толщу. В зависимости от назначения, пробы отбираются для химических анализов, физико-механических испытаний, лабораторных, полужаводских и заводских технологических испы-

таний, для проведения опытов по обогащению. Когда качество полезной толщи определяется химическим составом, отбор проб для химических анализов производится послойно или секциями из всех вскрывших известняк или доломит выработок, длина которых обуславливается строением полезной толщи и горнотехническими условиями разработки, а также степенью изученности месторождения. В стадию детальной разведки особенно на эксплуатирующихся месторождениях, когда разрез, а также особенности строения и состава продуктивной толщи уже достаточно известны, размер секций увеличивается. Более того, в одну пробу следует отбирать материал по характерным комплексам слоев, мощностью 2—5—10 м, или от пачек слоев, соответствующих высоте уступов, на которые намечается разделить продуктивную толщу при разработке. Пробы для физико-механических испытаний берутся в случаях, когда технические условия регламентируют физико-механические свойства известняков и доломитов.

Таблица 83

Плотность сети при разведке месторождений известняков и доломитов

Группа месторождений по табл. 82	Способ расположения выработок	Категория запасов	Расстояния между разведочными выработками или линиями по инструкции ГКЗ, м			
			известняков	цементного сырья	каменных строительных материалов	доломитов
1	По правильной квадратной или другой равномерной сети	A <sub>2</sub>	100—200	200—300	100—200	100—200
		B	200—400	300—500	200—300	200—400
2	То же	A <sub>2</sub>	—	100—140	—	—
		B	—	140—200	—	—
3	По линиям вкрест простирания полезной толщи	A <sub>2</sub>	100—200	200—300	100—200	100—200
		B	200—400	300—500	200—400	200—400
4	По правильной квадратной или другой равномерной сети	A <sub>2</sub>	50—100	50—100	50—100	50—100
		B	100—200	100—140	100—200	100—200
5	По линиям, перпендикулярным простиранию структуры	A <sub>2</sub>	50—200	100—140	инструкцией не охватывается	50—100
		B	100—400	140—200		100—200
6	По радиальным и параллельным линиям	A <sub>2</sub>	50—200	инструкциями не охватываются		
		B	100—400			

При разведке известняков и доломитов как каменных строительных материалов предусматривается следующий порядок опробования: по двум-трем характерным выработкам или линиям выработок, освещающих полезную толщу на всю мощность, производится расчленение толщ на пачки и типы пород методом микроскопии в сочетании с химическими анализами и микрохимическими реакциями. Расчленение производится в той части месторождения, где сеть выработок наиболее густа. Для характеристики выделенных типов по двум-трем наиболее характерным разрезам отбираются пробы-монолиты размером не менее 20 × 20 × 20 см или керновые пробы длиной по 0,8—1 м для полного комплекса исследований физико-механических свойств пород. Пробы эти отбираются по большинству слоев указанных разрезов с тем, чтобы охарактеризовать каждый выделенный тип породы несколькими пробами (не менее 10), взятыми как на различных отметках в колонке пород, так и по различным точкам по простиранию одного и того же пласта.

По данным испытаний проб полного комплекса с использованием результатов каждого единичного образца и с учетом литолого-структурной характеристики пород, для каждого типа пород строятся графики зависимости (корреляции) временного сопротивления сжатию от пористости или объемного веса (см. рис. 49), водопоглощения от объемного веса (см. рис. 50) и т. д. Анализ графиков позволяет сделать основной вывод о пригодности камня для различного назначения и соответствии его качества при определенном значении той или иной константы. Так, лимитируемый нижний предел прочности может устанавливаться по объемному весу или пористости, морозостойкость — по расчетному коэффициенту заполнения пор водой при свободном водонасыщении и т. д. Установив такие зависимости, из каждого литологически выраженного пласта в остальных разведочных выработках отбираются пробы размером  $5 \times 5 \times 8$  см (вес 0,5 кг), подвергающиеся изучению по сокращенному комплексу исследований.

При разведке карбонатных пород, промышленное назначение которых определяется химическим составом, но по техническим условиям необходимо выяснение тех или иных физических констант, пробы отбираются в одном-двух пересечениях послойно или от характерных разновидностей: в горных выработках и обнажениях — в виде штуфов размером  $20 \times 20 \times 20$  см; в колонковых скважинах — в виде кусков керна.

Лабораторные технологические испытания проб проводятся в случае оценки пригодности известняков для получения воздушной или гидравлической извести и нужд химической промышленности, а иногда и при разведке флюсовых известняков. Лабораторные технологические испытания проб доломитов проводятся при оценке пригодности их для производства металлургического обожженного доломита, каустического доломита, изделий на основе магнезиального цемента, совелита и других термоизоляционных материалов, воздушной и гидравлической извести. Лабораторные технологические испытания известняков и доломитов, предназначенных к использованию в других отраслях промышленности, производятся по требованию проектирующих организаций.

Для лабораторных технологических испытаний в зависимости от выдержанности свойств, пробы в количестве одной-двух и больше отбираются: по каждому слою, каждой качественной разновидности известняка или доломита, имеющих промышленное значение; средние по ряду слоев и пачек или разновидностей известняка и доломита в соотношениях, пропорциональных их мощности; на отдельных интервалах полезной толщи в зависимости от условий эксплуатации месторождения, высоты уступов и пр.; по всей мощности известняков в характерных для всего месторождения пунктах. Отбор таких проб производится в горных выработках и обнажениях бороздой или задиркой, из колонковых скважин для исследования направляется весь керн с намеченных к опробованию интервалов. Вес проб согласовывается с лабораторией.

Заводские или полузаводские испытания проб известняков проводятся при разведке их для цементной промышленности, для обжига на воздушную известь, если необходимо брикетировать рыхлые разности, для производства гидравлической извести. Пробы доломитов для заводских и полузаводских испытаний отбираются при разведке их в качестве огнеупорного металлургического сырья, для производства гидравлической извести, совелита, минеральной ваты. Полузаводские и заводские испытания пробы известняков для химической промышленности, а также флюсовых известняков и доломитов производятся по специальному указанию проектирующей или эксплуатирующей организации. Пробы для полузаводских и заводских испытаний отбираются в количестве одной-двух валовым способом в горных выработках с интервалов, устанавливаемых в зависимости от условий эксплуатации в характер-

ных для месторождения местях. Вес проб согласовывается с организацией, которая будет производить испытания.

Компоненты, на которые должны анализироваться химические пробы, и характер физико-механических испытаний технических проб зависят от назначения полезного ископаемого и устанавливаются соответствующими ГОСТ или техническими условиями. Полным химическим анализом подвергаются послонные или секционные пробы из выработок, расположенных по редкой сети, но достаточно равномерно по всему месторождению, или групповые пробы. Качество химических анализов должно быть проверено контрольными анализами проб, проводимыми систематически. Внутреннему контролю подвергается около 10% всех анализируемых проб. Количество проб внешнего контроля должно быть во всех случаях не менее 15 для каждого вида сырья.

При разведке цементного сырья промышленная оценка известняка должна производиться с учетом конкретной сырьевой базы по второй составляющей цементной шихты — глинистому компоненту. Технологические испытания известняков должны быть произведены на глинах того месторождения, которое будет использоваться вместе с известняками.

Для месторождений известняков и доломитов, разведываемых в качестве каменностроительных материалов, огнеупорного, металлургического сырья и др., должен быть определен выход товарного по габаритности камня. При детальной разведке выход товарного камня определяется при отсутствии действующего карьера в одной-двух и больше горно-разведочных выработках с характерным для месторождения разрезом по валовым пробам, отобранном поинтервально, послонно или сразу по всей мощности полезной толщи. В отдельных случаях требуется заложение опытного карьера. Способ добычи должен по возможности соответствовать тому, который будет принят при нормальной эксплуатации. В процессе разведки необходимо изучить горнотехнические условия разработки месторождения, требования к которым устанавливаются промышленной организацией с учетом конкретной обстановки.

Запасы известняков и доломитов, разведываемых как каменные строительные материалы, подсчитываются в кубических метрах, для других назначений — в весовых единицах. Для перевода кубатуры запасов в тонны необходимо установить объемный вес известняков или доломитов, определяемый методом выемки целиков или лабораторным путем для всех разновидностей полезного ископаемого. Кроме запасов полезной толщи, должен быть подсчитан также объем вскрышных пород. Общим требованием к разведке известняков и доломитов является комплексное изучение месторождений. В частности, необходимо установить возможность использования пород вскрыши, а также прослоев некондиционных известняков, отходов мелочи и, так называемых, пустых пород из полезной толщи. Кроме того, должна быть установлена принципиальная пригодность полезной толщи для других целей.

Выполнение общих требований позволяет квалифицировать разведанные запасы по одной из действующих в настоящее время категорий.

К категории  $A_1$  относятся запасы полностью изученные и оконтуренные подготовительными выработками или выработками эксплуатационной разведки. Для отнесения запасов к категории  $A_1$  необходимо соблюдение следующих условий:

- а) запасы подсчитаны в объеме, непосредственно примыкающем к эксплуатационным горным выработкам, и разведаны сетью выработок эксплуатационной разведки, расстояния между которыми не превышают половины расстояний, принятых для категории  $A_2$ ;
- б) опробование произведено во всех разведочных и эксплуатационных выработках с детальностью, необходимой для производственного планирования и ведения эксплуатационных работ;

в) качество известняков и доломитов установлено на основании изучения проб из разведочных и эксплуатационных выработок, а также опыта промышленного использования сырья;

г) выход товарного камня определен по данным опыта разработки месторождения;

д) запасы geometrизованы на планах и разрезах в масштабе, соответствующем масштабу маркшейдерской основы, используемой при ведении эксплуатационных работ;

е) соблюдены условия, перечисленные для категории  $A_2$  в части изучения его технологии и горнотехнических условий разработки месторождения.

К категории  $A_2$  относятся запасы, детально разведанные и оконтуренные горными выработками или буровыми скважинами. Для отнесения запасов к категории  $A_2$  должны быть соблюдены следующие требования, помимо общих, указанных выше:

а) форма, условия залегания и строение тела полезного ископаемого, распределение в нем литологически различных слоев и разновидностей известняков и доломитов, прослоев и включений других пород, взаимоотношение и морфология плотных и дезинтегрированных (мука) пород изучены в степени, достаточной для составления технического проекта и ведения эксплуатационных работ; произведено расчленение толщ слонстых известняков или доломитов на отдельные пласты и пачки, маркировка их и увязка во всех разведочных выработках; морфология и литология карста и заполнение по трещинам изучены с достаточной полнотой и оденены количественно, крупные карстовые воронки оконтурены;

б) качество и технологические свойства полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей проектирование схем переработки и технологии использования известняков; произведено подразделение известняков и доломитов на промышленные сорта с учетом условий их эксплуатации и переработки; промышленные сорта увязаны с литологическими разновидностями, пластами и пачками. При разведке цементных известняков содержание кремневых включений в их толще должно быть установлено путем разборки специально для этой цели отобранных валовых проб;

в) выход товарного камня и его габаритность, содержание пустых пород и включений установлены с достаточной точностью по данным опытных горных выработок или на основании данных действующих предприятий. При разработке известняков или доломитов в качестве строительного камня выход делового камня должен быть определен по отдельным видам продукции на основании выемки из опытного карьера или из других горных выработок вне зоны выветривания не менее  $50 \text{ м}^3$  горной массы для блочного камня и не менее  $20\text{--}30 \text{ м}^3$  для бута, брусчатки и шашки; для облицовочного камня произведено определение выхода товарной продукции из блоков на основании заводских или полужаводских испытаний с установлением показателей по распиловке, фрезеровке и полировке;

г) гидрогеологические условия месторождения, ожидаемые притоки воды в будущие горные выработки, условия разработки месторождения, объем и распределение вскрышных и пустых пород в теле полезного ископаемого детально изучены;

д) запасы подсчитаны в контуре выработок, пересекших полезное ископаемое, по сортам и разновидностям, которые целесообразно выделять при эксплуатации; расстояния между выработками должны обеспечить выполнение настоящих условий.

К категории В относятся запасы, разведанные и оконтуренные горными выработками или буровыми скважинами, а также интерполи-

рованные или экстраполированные для наиболее выдержанных и хорошо изученных месторождений при соблюдении следующих условий:

а) форма, условия залегания и строение тела полезного ископаемого изучены; выявлены литологические разновидности известняков и доломитов без детализации их распределения, установлено наличие прослоев других пород и включений; наличие и морфология дезинтегрированных зон, морфология и литология карста и заполнений по трещинам изучены предварительно с ориентировочной количественной их оценкой;

б) качество и технологические свойства известняков и доломитов изучены по предварительно выделенным литологическим типам, пластам и пачкам в соответствии с техническими условиями в мере, обеспечивающей выбор технологической схемы их обработки; произведено подразделение известняков и доломитов на промышленные сорта без детализации их распределения;

в) выход товарного камня и его габаритность, содержание пустых пород и включений установлены предварительно на основании изучения отдельности и трещиноватости известняков или доломитов. При разведке указанных пород как каменных строительных материалов оценка процентного выхода делового камня по отдельным видам продукции дана на основании изучения трещиноватости, выхода керна и опытной выемки малых объемов (2—5 м<sup>3</sup>) горной массы;

г) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения выяснены достаточно полно; установлен объем вскрышных пород и пустых пород в теле полезного ископаемого;

д) запасы подсчитаны в контуре выработок или в зоне интерполяции или экстраполяции для наиболее выдержанных и изученных месторождений в валовом исчислении, в случае необходимости с ориентировочным подразделением на промышленные сорта в процентах.

Для отнесения запасов к категории С<sub>1</sub>, кроме общих, требуется соблюдение следующих условий:

а) общая форма и условия залегания тела полезного ископаемого выяснены; основные литологические разновидности пород, слагающих месторождение, ориентировочно установлены;

б) качество, технологические свойства и промышленные сорта известняков и доломитов установлены предварительно на основании химических анализов или, в соответствующих случаях, физико-механических испытаний и лабораторных проб в мере, необходимой для установления принципиальной пригодности разведенного сырья для данного назначения. Возможна оценка качества и технологических свойств по аналогии с другими изученными месторождениями;

в) выход товарного камня, содержание в полезной толще пустых пород и включений установлены ориентировочно на основании осмотра обнажений и выработок или по аналогии с другими месторождениями. Для пород, разведываемых с целью разработки на штучный или облицовочный камень, должна быть изучена трещинная тектоника со степенью детальности, позволяющей судить о возможности получения камня требуемых размеров;

г) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения оценены предварительно на основании общих данных по гидрогеологии района; установлена ориентировочно средняя мощность вскрышных пород;

д) запасы подсчитаны валовые в контуре выработок, расположенных по разреженной сети, или в зоне экстраполяции, причем последняя должна быть геологически обоснована.

Основанием для отнесения запасов известняков и доломитов к категории С<sub>2</sub> являются общие геологические соображения и про-

гноз, подтвержденные данными отдельных опробованных обнажений и выработок. На месторождениях, где разведаны запасы более высоких категорий, запасы категории  $C_2$  устанавливаются широкой геологически обоснованной экстраполяцией.

Большинство месторождений известняков и доломитов относится к группе «а» и «б» таблицы соотношений балансовых запасов для передачи месторождений в промышленное освоение и выделение капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий. Подготовленным для промышленного освоения считается месторождение с запасами, разведанными до категории  $A_2$  в количестве 10—15%, категории  $B$  — 30—35% и  $C_1$  — 60—50% от общих запасов категории  $A_2 + B + C_1$ . В отдельных случаях, когда разведка небольших или сложных месторождений до категории  $A_2$  нецелесообразна, по решению ГКЗ допускается передача в промышленное освоение месторождений с запасами категорий  $B$  и  $C_1$  при условии, что гидрогеология, горнотехнические условия и технология переработки сырья изучены с детальностью, требуемой для категории  $A_2$ .

Ниже, в качестве примера приводятся условия классификации запасов Южного участка Каракубского месторождения флюсовых известняков (Ю. П. Зверев).

В геологическом строении района Каракубского месторождения принимает участие комплекс осадочных и массивно-кристаллических пород, залегающих под покровом рыхлых третичных и четвертичных отложений. Полезная толща приурочена к известнякам нижнего карбона, которые на Южном участке образуют синклиналию складку второго порядка, осложняющую юго-западное крыло Кальмиус-Торецкой синклинали. На севере естественной границей участка, отделяющего его от Северного, является тектоническое нарушение — Большой Каракубский сброс.

Продуктивная толща сложена известняками турнейского и визейского ярусов нижнего карбона (рис. 308). Подошвой продуктивной толщи служат некондиционные известняки горизонта  $C_1^b$ , кровлею — некондиционные известняки горизонта  $C_1^d$  или же рыхлые третичные и четвертичные отложения.

Продуктивная толща флюсовых известняков на Южном участке, как и на всем Каракубском месторождении, разделяется некондиционными известняками горизонта  $C_1^a$  на две пачки. В нижнюю пачку входят известняки горизонтов  $C_1^c$ ,  $C_1^d_1$ ,  $C_1^d_2$  — общей мощностью 52—54 м; в верхнюю пачку — известняки  $C_1^b + c$  — общей мощностью 49—54 м. Нижняя пачка кондиционных известняков, различных по литологическим признакам, имеет однородный химический состав. Верхняя пачка однородна по всем признакам. Некондиционный песчано-глинистый известняк с прослоями глинистого сланца горизонта  $C_1^a$ , отделяющий верхнюю пачку кондиционных известняков от нижней, имеет пластовое сложение и согласное залегание, мощность его 4—6 м. При эксплуатации эти известняки легко отделяются по внешнему виду. Средняя суммарная мощность полезной толщи известняков на участке равна 105 м. Вследствие размыва продуктивных горизонтов полная мощность кондиционных известняков наблюдается лишь на площади распространения известняков горизонта  $C_1^d$ . В пределах разведанной части Южного участка мощность кондиционных известняков по скважинам колеблется от 8,90 до 83,35 м и в среднем равна 43,75 м.

Известняки закарстованы. Наблюдается как поверхностный, так и внутренний карст. На поверхности карст проявляется в виде воронок, длина которых в отдельных случаях достигает 500 м при ширине 40—50 м. Обычно диаметр воронок равен 10—20 м. Некоторые карсто-

вые воронки имеют глубину более 60 м, но наиболее распространены воронки глубиной 10—20 м. Внутренний карст представлен полостями неправильных форм, выполненных глинами и разнозернистыми песками с обломками кремня, кремнистого мергеля и известняков. Закарстованность известняков различных стратиграфических горизонтов месторождения изменяется от 5,7% ( $C_1^t c$ ) до 40,5% ( $C_1^t a$ ) и в среднем по участку составляет 10,6%. Наибольшая закарстованность наблюдается в некондиционных известняках. Закарстованность выше уровня подземных вод составляет 10,1%, ниже — 9,8%, что практически делает нецелесообразным разделение известняков при подсчете запасов на обводненные и необводненные.

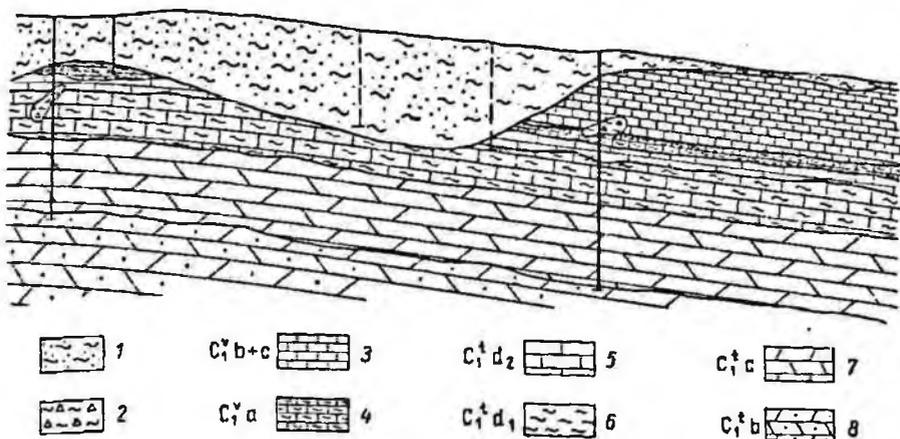


Рис. 308. Геологический разрез южного участка Каракубского месторождения флюсовых известняков (по Ю. П. Звереву)

1 — разные песчано-глинистые отложения; 2 — внутренние карсты, выполненные песчано-глинистым материалом; 3—8 — известняки

Гидрогеологические работы на участке производились в два периода. В 1950—1951 гг. гидрогеологические условия были изучены до горизонта +45 м, а в 1956 г. до отметки +20 м. Всего в 1950—1951 гг. было пробурено 14 стационарных наблюдательных скважин, расположенных по двум створам, наблюдение в которых производилось в течение трех лет; пройдено четыре гидрогеологических куста, произведено изучение литологического состава пород по руслу р. Кальмиус. В 1956 г. дополнительно были произведены опытные откачки из двух разведочных скважин, пройденных до отметки +20 м.

В результате выполненных гидрогеологических работ было установлено наличие двух водоносных горизонтов и рассчитан возможный приток воды в карьер, показавший, что эти притоки не могут являться препятствием при эксплуатации. С целью предохранения от прорыва вод р. Кальмиус оставляли предохранительный целик.

Месторождение разведывалось в несколько этапов, вследствие чего выработки расположены без определенной системы. Учитывая, что в скважинах 1932—1934 гг. был низкий выход керна, в 1956 г. на участке вновь были пройдены выработки, расположенные по 200-метровой сетке, что является неправильным. Значительную часть старых выработок можно было использовать для характеристики полезной толщи. Для установления мощности и состава пород кровли полезной толщи на месторождении была пройдена сеть вскрышных выработок, расположенных на раз-

ных расстояниях от 30 до 100 м. Опробование в 1932—1934 гг. производилось по одно-двух- и десятиметровым интервалам. В пробах с интервалом 1—2 м определялись окись кальция и кремнезем. В десятиметровых пробах производился химический анализ с определением  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , P, S и потери при прокаливании.

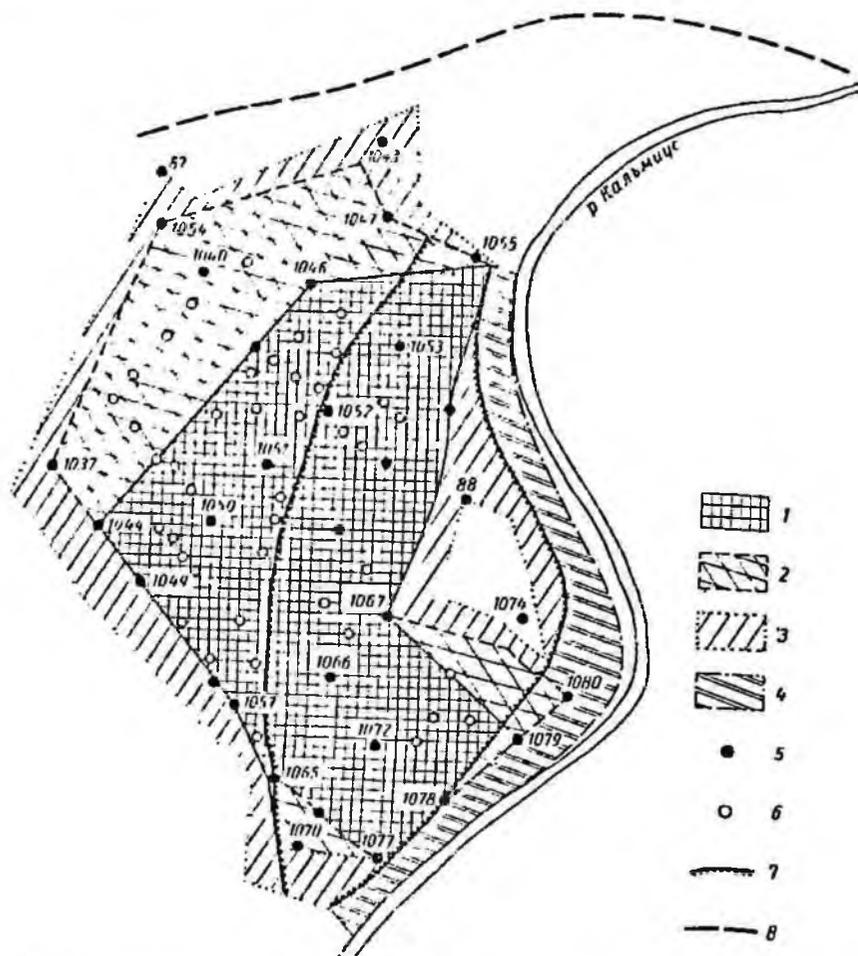


Рис. 309. Схема классификации запасов Южного участка Каракубского месторождения флюсовых известняков (по Ю. П. Звереву)

1 — запасы квт. А; 2 — запасы квт. В; 3 — запасы квт. С; 4 — запасы в охранной целике; 5 — глубокие скважины; 6 — вскрышные скважины; 7 — бровка карьера; 8 — тектонические нарушения

В 1954—1956 гг. скважины опробовались двухметровыми интервалами. Все пробы подвергались сокращенному химическому анализу с определением  $\text{CaO}$  и нерастворимого остатка. Кроме того, по двум скважинам производились химические анализы с определением  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{R}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , п. п. п. Следует отметить, что отбор проб в 1954—1956 гг. по двухметровым интервалам необходимо не вызывался, так как химический состав известняков был достаточно изучен в 1932—1934 гг. и подтвержден многолетней практикой эксплуатации месторождения.

Запасы подсчитаны методом параллельных вертикальных сечений. К категории  $A_2$  отнесены запасы, разведанные по сетке  $200 \times 200$  м, а в местах, вскрытых карьером, — до 300 м (рис. 309). Сеть вскрышных

выработок на этой площади колеблется от 20 до 50 м. Запасы категории В разведаны также по 200-метровой сетке с сетью вскрышных выработок  $100 \times 100$  м. Запасы категории С<sub>1</sub> экстраполированы. В прибрежной полосе р. Кальмиус запасы, находящиеся в предохранительном целике, подсчитаны отдельно и выделены в числе балансовых. Кроме запасов известняков, подсчитан объем вскрышных пород с наиболее невыдержанной мощностью, ввиду сильной закарстованности известняков. Решающее значение при классификации запасов имела сеть вскрышных выработок, так как качество известняков и строение полезной толщи вследствие многолетней эксплуатации изучены достаточно.

В качестве примера комплексной разведки месторождений известняков и доломитов как строительного камня и цементного сырья приводится описание разведанного Министерством геологии и охраны недр Отваженского месторождения в Куйбышевской области (Ф. Н. Корюкин, Л. И. Назаров, М. Г. Леушин). Целью работ являлось выявление запасов строительного камня в количестве 15 млн. м<sup>3</sup> с попутным выявлением пластов известняка как сырья для цементной промышленности.

В геологическом строении месторождения принимают участие верхнекаменноугольные, пермские и четвертичные отложения. Полезная толща сложена верхнекарбонowymi известняками, доломитами и их переходными разновидями, залегающими с незначительным наклоном слоев под углом 1—2°. Наибольшая вскрытая мощность полезной толщи составляет 190 м. Карбонатные породы разбиты трещинами различного направления, наиболее крупные из которых заполнены доломитовой или известняковой мукой. Степень трещиноватости опреде-

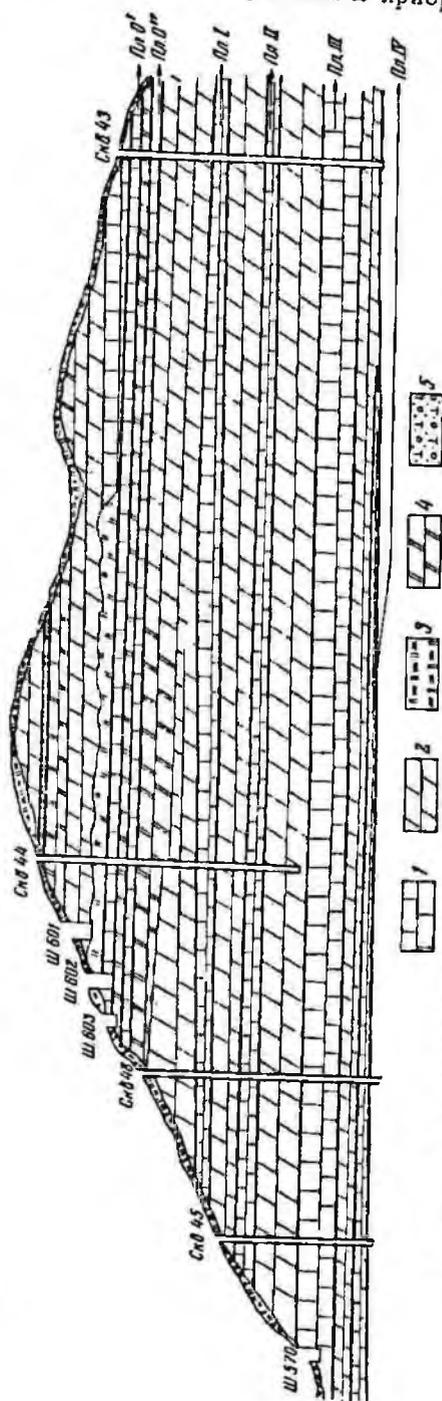


Рис. 310. Схема геологического строения Отваженского месторождения известняков и доломитов (по Ф. Н. Корюкину и др.)

1 — известняк; 2 — доломит; 3 — почвенно-растительный слой; 4 — доломитизированные известняки; 5 — доломитовая мука со щебнем доломита

лялась статистически и принята 3,2%. В полезной толще по химическому составу выделяется пять пластов чистых известняков, хорошо выдержанных по мощности (0, I, II, III, и IV) (рис. 310). Известняки нулевого пласта на разведанном участке разделены пачкой доломитизированных пород мощностью от 3,7 до 8 м, вследствие чего этот пласт рассматривался как два самостоятельных слоя: 0' мощностью 5 м и 0'' мощностью 4,5 м. Мощность пласта I составляет 8 м, II — 10 м, и III — 17 м. Пласт IV вскрыт не на полную мощность, максимальная вскрытая мощность его 14,2 м. В пластах чистых известняков встречается незначительные по мощности прослои доломитизированных известняков. Доломиты и доломитизированные известняки составляют около 50% всех пород, слагающих полезную толщу.

Вскрышные породы представлены четвертичными суглинками с большим количеством глыб и щебня карбонатных пород. Средняя мощность вскрышных пород составляет 3 м. Полезная толща до горизонта подсчета запасов не обводнена.

Месторождение разведано 15-ю скважинами колонкового бурения, расположенными по сетке 100 × 200 и 300 × 400 м, и 38-ю шурфами, пройденными на склонах оврага на расстоянии 10—25 м один от другого. Выход керна по скважинам составляет более 80%.

Полезная толща опробована во всех выработках интервалами от 0,5 до 5 м. В шурфах пробы отбирались бороздой для химических анализов и штуфами для физико-механических испытаний. В скважинах пробы отбирались от керна для обоих видов исследования. Кроме того, штуфные пробы отбирались для петрографического описания пород. Интервальные пробы подвергались сокращенным химическим анализам и неполному циклу физико-механических испытаний, а по объединенным пробам произведены полные химические анализы и полный комплекс физико-механических испытаний. Произведенными испытаниями было установлено, что известняки, слагающие пласты 0', 0'', I, II, III и IV, характеризуются высоким содержанием окиси кальция (54—55%) и незначительным содержанием окиси магния (не более 2,5%), что соответствует требованиям ГОСТ. Несмотря на присутствие в пластах известняков отдельных прослоев доломитизированных пород, среднее содержание окиси магния по выработкам в пластах известняков не превышает 2,5%, а обычно равно 0,5—1,5%. Технологические испытания известняков не производились, так как известняки Отважненского месторождения по химическому составу сходны с известняками Яблоновского месторождения, пригодность которых в качестве цементного сырья доказана технологическими испытаниями, произведенными Гипроцементом.

Оценка качества карбонатных пород как строительного камня, включая и известняки, произведена в соответствии с требованиями ГОСТ: 4797—49 — на щебень для гидротехнического бетона, 5219—50 — на строительный камень для ответственных частей гидротехнических сооружений в зонах попеременного воздействия воды и мороза и ТУ 35—53 — на бутовый камень. В соответствии с этим карбонатные породы разделены на три сорта. К I сорту отнесены породы с прочностью более 375 кг/см<sup>2</sup>, объемным весом 2,3 и более, выдержавшие от 50 до 200 циклов замораживания; к II сорту отнесены породы с прочностью не менее 250 кг/см<sup>2</sup>, объемным весом не менее 2,0, выдержавшие не менее 25 циклов замораживания; к III сорту — с прочностью не менее 100 кг/см<sup>2</sup>, объемным весом 1,8—2,0 и морозостойкостью — 25 циклов замораживания. Ориентировочный выход отдельных сортов камня определен статистически. Габаритность камня определялась в шурфе и подтверждена данными эксплуатации Яблоновского месторождения, аналогичного по строению. Запасы подсчитаны способом среднего арифметического;

чистые известняки подсчитаны в качестве цементного сырья (рис. 311), доломиты и доломитизированные разности — в качестве строительного камня (рис. 312). Нижняя граница подсчета проходит по забоям скважин, но не ниже проектной глубины отработки, соответствующей уровню Куйбышевского водохранилища. У западной границы разведанного участка находится строительная площадка будущего цементного завода, запасы в которой выделены в охранный целик и подсчитаны отдельно.

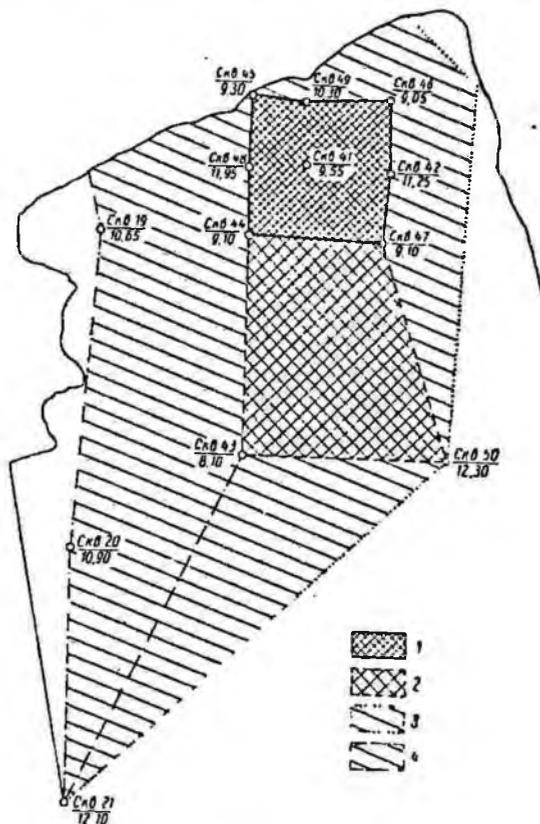


Рис. 311. Схема классификации запасов известняков Оtvazhenskого месторождения (по Ф. Н. Корюкину и др.)

1 — запасы кат. А<sub>2</sub>; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 4 — запасы кат. С<sub>1</sub> в охранный целик; на чертеже переный шифр показывает номер скважины, нижняя — мощность пласта

В качестве примера классификации запасов цементных известняков приводится описание условий классификации Переборо-Смолинского месторождения в Свердловской области (К. К. Золоев). Месторождение разведывалось с целью обеспечения сырьем проектируемого цементного завода.

В качестве глинистого компонента изучались Переборо-Смолинское и Бродовское месторождения.

Месторождение известняков приурочено к отложениям нижнекаменноугольного возраста и сложено темно-серыми и серыми известняками, органогенно-химического происхождения. Толща известняков общей мощностью 900 м имеет северо-западное падение под углом 40—50°. С поверхности и на глубине известняки закарстованы (карст составляет 15% от разведанного объема известняков). Покрываются они рыхлыми песчано-глинистыми отложениями мезозойского и четвертичного возраста.

Карбонатная толща по химическому составу и наличию в ней известняков с желваками кремней разделяется на две резко отличающиеся друг от друга пачки: известняки висячего бока в основном чистые, имеющие резко подчиненное количество горизонтов с желваками кремней; известняки лежащего бока, представленные частым и не-ненным чередованием чистых известняков с известняками окрем-также встречающиеся на месторождении магnezиальные известняки.

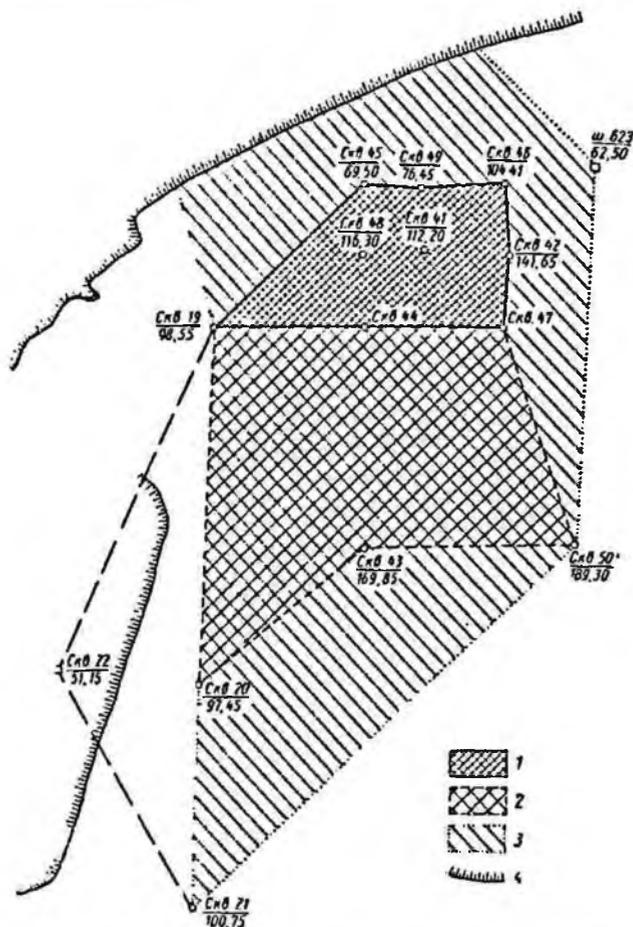


Рис. 312. Схема классификации запасов доломитов Отважненского месторождения (по Ф. Н. Корюкину и др.)

1 — запасы кат. А; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 4 — выемка строительной площадки под цементный завод; на чертеже верхняя шифра показывает номер скважины, нижняя — мощность пласта

Поверхностный карст имеет повсеместное распространение и представлен воронками диаметром 5—60 м и более и глубиной 5—18 м. Внутренний карст также представлен полостями, выполненными глинистым, либо песчаным материалом. Размеры карстовых полостей, по данным колонкового бурения, колеблются от 5 см до 6,8 м (рис. 313).

Месторождение относится к IV группе инструкции по применению классификации запасов к цементному сырью. На месторождении пройдено восемь разведочных линий на расстоянии примерно 100 м друг от друга. На всех линиях в береговой части месторождения пройдены канавы, а в местах выходов естественных обнажений — расчистки.

В связи с большой мощностью вскрышных пород на водораздельном пространстве проходились шурфы на расстоянии 25—30 м друг от друга. Для получения сплошного разреза по профилю на основных разведочных линиях, отстоящих друг от друга на расстоянии 200 м, пройдены скважины колонкового бурения под углом 60—65° к горизонту. Выход керна колебался от 63,2 до 98,0%, причем ниже 80% наблюдался только по двум скважинам (9 и 10). Средний выход — 88,3%. Пробы в однородных известняках отбирались секциями, равными 2 м, а в случае перемежаемости различных разновидностей известняков — послойно. Пустые породы при мощности 0,1—0,2 м включались в опробуемую секцию, при мощности свыше 0,2 м отбирались в отдельную пробу. В шурфах и канавах отбирались бороздовые пробы. Сечение борозды 0,1 × 0,05 м, длина примерно 1 м.

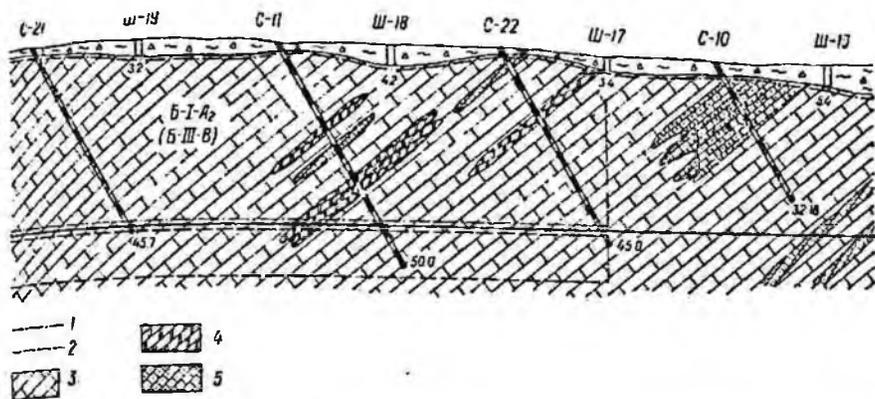


Рис. 313. Геологический разрез Переборо-Смолинского месторождения цементных известняков (по К. К. Золоеву)

1 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов кат. С; 3 — известняки чистые; 4 — известняки магнетитовые; 5 — известняки окремненные

Пробы, отобранные в канавах, шурфах и из керна, были подвергнуты химическим анализам в химической лаборатории треста Уралгеолнеруд. Всего проанализировано 1042 пробы карбонатных пород.

В поисковую стадию в пробах определялось содержание CaO и MgO как основных компонентов, характеризующих пригодность известняков для производства портланд-цемента. Затем в период предварительной разведки в пробах определялось содержание SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, п. п. п.

В связи с тем, что известняки месторождения чистые, содержат в основной массе некарбонатную часть в количестве меньшем 10%, анализы секционных и послойных проб были упрощены путем определения нерастворимого в HCl остатка (НО), суммы CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> титрованием и MgO.

По результатам упрощенных анализов секционных проб составлялись объединенные пробы, при этом основное внимание уделялось определению содержания MgO и SiO<sub>2</sub>.

В одну пробу объединялись пробы из одной выработки с близкими показателями MgO или SiO<sub>2</sub>. В случае же примерно одинаковых содержаний MgO в пробах, освещающих сравнительно большой интервал, объединение проб производилось в пределах одной литологической разновидности пород или поинтервально. В последнем случае длина интервальных проб составляла примерно 10 м.

Пробы, отобранные в шурфах, подвергались полным химическим анализам каждая в отдельности. Объединенные пробы анализировались на SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, п. п. п.

Дополнительно по типичным пробам, кроме вышеуказанных шести компонентов, были сделаны полные химические анализы с определением  $SO_3$  (13 проб),  $P_2O_5$  (8 проб) и  $TiO_2$  (3 пробы).

Внутренний контроль произведен по 154 пробам. 34 пробы подвергались внешнему контролю. Для технологических испытаний отобрана проба в канаве № 1 задишкой. Вес пробы 3200 кг, после сокращения — 1600 кг.

К известнякам месторождения промышленностью предъявлялись следующие требования: содержание  $CaO$  не менее 43,5% при благоприятном значении силикатного и глиноземного модулей,  $MgO$  не более 2,5%, при этом — в клинкере не более 4,5%. Содержание  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$  должно обеспечить необходимые значения коэффициента насыщения, силикатного и глиноземного модулей в клинкере.

Содержание  $R_2O$  и  $SO_3$  желательно не более 1% в отдельности по каждому компоненту. Известняки должны легко размалываться, при наличии кремневых желваков требуется специальное заключение промышленной организации.

Этим условиям на месторождении удовлетворяют чистые известняки всякого бока. Технологических испытаний кремнистых известняков институтом Гипроцемент не производилось. Вследствие этого произведен расчет состава сырьевой смеси и клинкера на основе химического состава известняков и глин, а также заданного коэффициента насыщения.

Расчет двухкомпонентной сырьевой смеси показал повышенное значение силикатного модуля (3,64), что послужило основанием для расчета трехкомпонентной сырьевой смеси при заданном значении  $Si_w = 3,0$ . В качестве третьего компонента в шихту вводятся корректирующие железосодержащие добавки (см. табл. 84, 85).

Таблица 84  
Химический состав компонентов в пересчете на 100%

Компоненты	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SO_3$	$R_2O_3$	п.п.п.	Сумма
I компонент — известняк	6,02	0,35	0,30	51,93	1,20	—	—	40,20	100,0
II компонент — глина	62,05	16,87	6,04	3,19	2,05	0,14	3,72	5,94	100,0
III компонент — окись железа	0,07	—	98,87	0,47	—	—	—	0,59	100,0

Таблица 85

Расчет состава сырьевой смеси и клинкера

Компоненты шихты	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SO_3$	$R_2O_3$	п.п.п.	Сумма
Известняки (83, 29 в. ч.)	5,01	0,30	0,25	43,25	1,00	—	—	33,48	83,29
Глина (15, 69 в. ч.)	9,74	2,65	0,95	0,50	0,32	0,02	0,58	0,93	15,69
Окись железа (1,02 в. ч.)	—	—	1,01	—	—	—	—	0,01	1,02
Сумма — состав сырьевой смеси	14,75	2,95	2,21	43,75	1,32	0,02	0,58	34,42	100,0
Клинкер	22,49	4,50	3,37	66,72	2,01	0,03	0,88	—	100,0

Полученные значения коэффициента насыщения и модулей показали, что качество клинкера отвечает заданному, т. е. исходное сырье с добавлением небольшого количества железосодержащей добавки является пригодным для производства портланд-цемента.

Несмотря на то, что кремнистые известняки по расчетам удовлетворяют требованиям цементной промышленности, запасы их не были утверждены ввиду того, что технология их переработки более сложная, и при наличии достаточного количества чистых известняков строительство нового завода на базе окремненных известняков нецелесообразно,

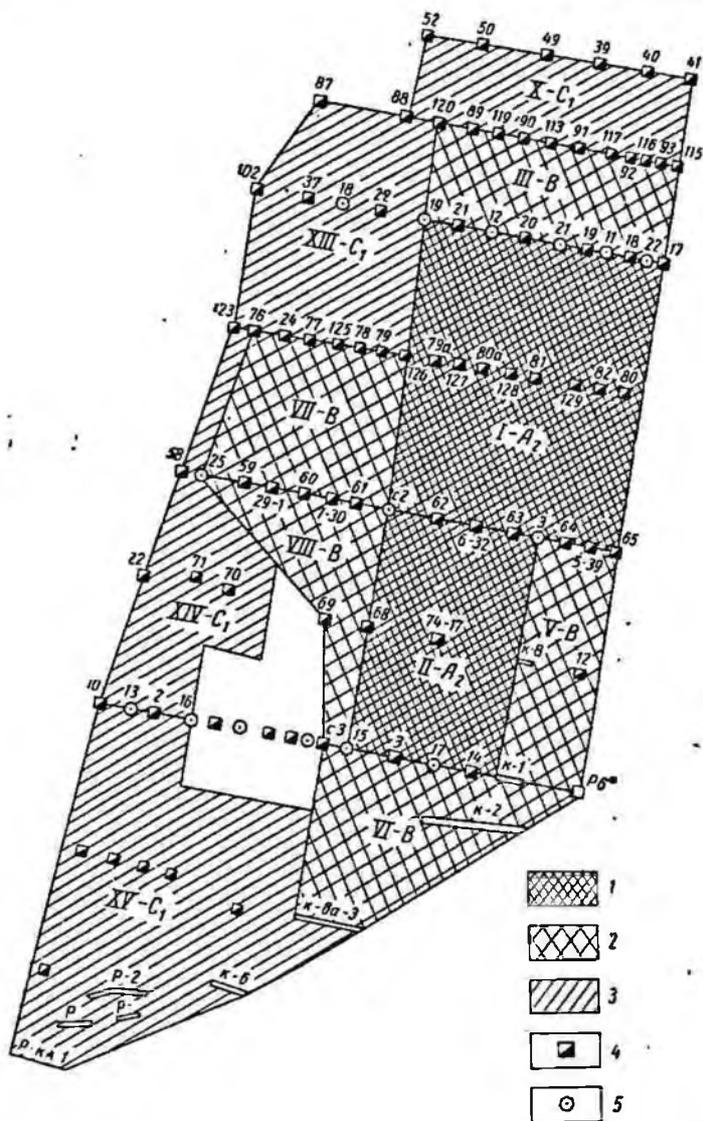


Рис. 314. Схема классификации запасов цементных известняков Переборо-Смолинского месторождения (по к. К. Золоеву)

1 — запасы кат. А<sub>1</sub>; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 4 — вскрышные шурфы; 5 — скважины колонкового бурения

так как продукция будет дорогой, хотя аналогичные известняки Сухо-ложского месторождения используются цементной промышленностью.

Учитывая параллельное расположение разведочных профилей, небольшие колебания в высотных отметках, запасы чистых известняков весящего бока подсчитаны методом вертикальных параллельных сечений. Схема классификации запасов приведена на рис. 314.

Месторождения глин. В промышленности различают глины легкоплавкие, с огнеупорностью до 1350° С, тугоплавкие — до 1580° и огнеупорные — 1580° и выше. Легкоплавкие глины и суглинки применяют главным образом для производства изделий грубой строительной керамики (кирпича и черепицы) и цемента; тугоплавкие и огнеупорные глины используют в основном в огнеупорной промышленности и для производства изделий тонкой керамики.

Условия классификации запасов месторождений глин разработаны ГКЗ применительно к области их использования и изложены в трех инструкциях, составленных: И. Я. Галиным и отделом неметаллических полезных ископаемых ВКЗ для месторождений кирпично-черепичных глин и суглинков, С. П. Варпаховским — для месторождений цементного сырья и И. М. Огнским — для месторождений огнеупорных глин. В связи с необходимостью в ряде случаев комплексной оценки месторождений ниже приводятся общие условия классификации запасов месторождений глин.

Группировка месторождений глин и суглинков в указанных выше инструкциях произведена по природным факторам, определяющим методу их разведки, и с некоторой условностью может быть представлена в табл. 86.

Таблица 86

Группировка месторождений глин

Группа месторождений	Характеристика группы	Группа в инструкции по применению классификации к месторождениям глин		
		кирпично-черепичных	цементных	огнеупорных
I	Горизонтально- и пологозалегающие пласты, крупные линзы с мощностью и качественными показателями, выдерживающиеся на значительных площадях . . . . .	1-II	II	1-а
II	Горизонтально- и пологозалегающие пласты и линзы, невыдержанные по мощности и качеству или имеющие небольшие размеры . .	III	III	1-б
III	Месторождения пластообразной или крупнолинзовидной формы с нарушенными условиями залегания	инструкциями не охватываются		1-в
IV	Месторождения, представленные мелкими линзами и залежами неправильной формы . . . . .	инструкциями не охватываются		II

В I группу месторождений могут быть включены глины морского происхождения, крупные и наиболее выдержанные залежи глин и суглинков лагунно-озерного, ледникового, элювиального, делювиального генезиса и лёсса.

Ко II группе могут быть отнесены глины аллювиального происхождения, месторождения, связанные с отложениями мелких озер, в поймах рек или ледникового происхождения, месторождения межледниковых ленточных глин, залежи покровных суглинков, малые по размерам

и невыдержанные по составу, в районах развития метаморфических и изверженных пород.

В III группу входят месторождения исключительно огнеупорных глин озерно-лагунного происхождения, занимающие значительные площади, но характеризующиеся крайне невыдержанными условиями залегания, обусловленными тектоникой, карстом, оползнями.

В состав IV группы входят месторождения огнеупорных глин различного генетического типа (элювиальные, остаточные глины выщелачивания, аллювиальные и др.), представленные мелкими линзами и гнездами, выполняющими карманы в подстилающих породах, и т. д.

В III и IV группы месторождения кирпично-черепичных и цементных глин и суглинков не включены из-за незначительной промышленной их ценности ввиду сравнительно широкого распространения легкоплавких глин. Однако в районах, дефицитных легкоплавкими глинами, месторождения указанных групп могут разрабатываться промышленно.

В инструкциях ГКЗ изложен ряд общих требований, предъявляемых к методике разведки и изучению месторождений глин. Эти требования сводятся к следующему: разведка месторождений глин может осуществляться буровыми скважинами и горными выработками, обычно шурфами, дудками или расчистками. Рациональным является сочетание скважин с разведочными горными выработками, которые проходятся с целью контроля бурения, для уточнения литологического разреза полезной толщи и для отбора проб большого объема.

При разведке месторождений буровыми скважинами диаметр последних выбирается с таким расчетом, чтобы обеспечить получение проб надлежащего веса: обычно не менее 127 мм — при разведке кирпично-черепичных глин и суглинков и не менее 168 мм — при разведке огнеупорных глин.

Разведочные выработки проходятся на всю мощность полезного ископаемого, при значительной мощности — до горизонта намечаемой эксплуатации, часто определяемого наличием водоносного горизонта. В случаях, когда разведка ограничивается верхними горизонтами полезной толщи, необходимо пройти небольшое число более глубоких скважин для геологической характеристики месторождения, установления характера подстилающих пород и полной мощности продуктивной толщи. Дополнительные выработки для определения мощности вскрышных пород проходятся при разведке месторождений со сложным рельефом поверхности полезной толщи и залегающих под покровом вскрышных пород изменчивой мощности.

Система и густота разведочной сети принимаются в зависимости от размеров месторождения, сложности его строения и выдержанности полезной толщи. Принятая густота должна быть геологически обоснована. В инструкциях ГКЗ приводятся данные по густоте разведочных выработок, основанные на опыте разведки многих месторождений. Поскольку указанные в инструкциях расстояния являются средними, они не учитывают конкретных условий разведываемого месторождения, а дают лишь ориентировочное представление о плотности сети, чаще всего применяемой при разведке месторождений данной группы. В случае несоответствия приводимых в инструкции данных о плотности разведочных выработок конкретного месторождения они должны быть изменены. Разрежение сети разведочных выработок особенно часто производится при разведке эксплуатирующихся месторождений, на которых основные закономерности уже достаточно установлены. В табл. 87 приводятся примерные расстояния, установленные в инструкциях ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям глин.

Плотность сети при разведке глин

Группа месторожден. по табл. 88	Виды разведочной сети	Категория запасов	Расстояния между выработками, м		
			для кирпично-черепичн. сырья	для цементного сырья	для огнеупорных глин
I	Квадратная или другая равномерная . .	A <sub>2</sub>	100—140	100—140	100
		B	140—200	140—200	140—200
		C <sub>1</sub>	200—400	не установлено	200—300
II	То же . . . .	A <sub>2</sub>	50—70	50—100	50
		B	70—140	100—140	70—140
		C <sub>1</sub>	140—200	не установлено	140—200
III	По профилям	A <sub>2</sub> B C <sub>1</sub>	инструкцией не охватываются		— 5—10×10—20 10—20×20—40
IV	По профилям	A <sub>2</sub> B C <sub>1</sub>	инструкцией не охватываются		25—50×100 50—100×200 100—200×300

В первую группу включены месторождения кирпично-черепичных глин, разделяемые в инструкции на 2 группы. Указанные в табл. 87 расстояния соответствуют I группе, по II группе в инструкции приводятся следующие расстояния: для категории A<sub>2</sub> — 70—100 м, B — 100—140 м и C<sub>1</sub> — 200—300 м.

Все разведочные и эксплуатационные выработки должны быть задокументированы. Опробование необходимо производить по всем выработкам, пересекая полезную толщу. Пробы отбираются бороздой по всей мощности полезной толщи из горных выработок. При разведке бурением (за исключением образца эталона) в пробу поступает весь материал, который в дальнейшем сокращается до необходимого веса. Интервалы опробования выбираются с таким расчетом, чтобы были отдельно опробованы вскрытые выработкой слои и разновидности полезного ископаемого. Прослой в глинах других пород (песка, гравия и т. д.) опробуются отдельно. Мощность прослоев пустых пород, включаемых в полезную толщу, должна быть предусмотрена кондициями. В случае однородных толщ значительной мощности легкоплавкие глины могут опробоваться секциями 2—5 м с учетом условий разработки. Размер пробы при опробовании огнеупорных глин не должен превышать 0,5 м. Для производства полузаводских испытаний отбираются технологические пробы, объем которых согласовывается с исследовательской организацией, производящей эти испытания. Для технологических исследований должны быть отобраны наиболее характерные пробы по одной-двум выработкам, расположенным, по возможности, в центральной части разведываемой площади. При разведке уже разрабатываемых месторождений в отборе проб для полузаводских испытаний нет необходимости. В этом случае в ГКЗ или ТКЗ представляется соответствующая справка о технологической схеме производства и качестве получаемой продукции.

Характер исследований проб определяется видом сырья и его назначением. При оценке глин как сырья для грубой керамики все секционные и послойные пробы подвергаются механическому анализу и определению пластичности, а средние пробы, характеризующие всю мощность полезной толщи и отдельные послойные пробы, — керамиче-

ским лабораторным испытаниям. Общее количество проб для керамических испытаний должно обеспечить надежную среднюю технологическую характеристику глин разведанного месторождения.

В комплекс лабораторных керамических испытаний входят: химические анализы (при которых определяется содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ , п. п. п., в необходимых случаях  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ); определение механического состава, пластичности, полного водосодержания, коэффициента чувствительности к сушке; изготовление пробных керамических масс в случае необходимости с добавкой различных отощающих материалов по пластическому способу (для кирпича); обжиг на две или три температуры (900, 960 и 1000 или 1060°); определение для обожженных образцов водопоглощения, усадки, временного сопротивления сжатию и изгибу, коэффициента морозоустойчивости, водонепроницаемости (для черепицы). Керамические испытания сопровождаются описанием внешнего вида сырьца и обожженных изделий и примерным определением возможной марки и сорта изделия. Выводы лаборатории должны быть проверены ползаводскими испытаниями с изготовлением изделий в натуральную величину. На основании ползаводских испытаний окончательно устанавливается оптимальный состав шихты, отношение сырьца к сушке и морозоустойчивости методом прямого замораживания, уточняются показатели прочности изделий, дается заключение о пригодности сырья с рекомендациями в части технологической схемы производства.

При оценке глин как сырья для производства цемента рядовые пробы подвергаются химическим анализам на  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , усредненные послышные пробы должны анализироваться на  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и п. п. п. В пробах, показавших содержание перечисленных шести компонентов менее 96—97%, дополнительно определяется содержание  $\text{SO}_3$  и щелочей. Кроме химанализов, для послышных проб производят ситовые анализы набором сит, принятым в цементной промышленности: 900, 4900 и 10 000 *отв/см*<sup>2</sup> с изучением минерального состава остатков на ситах 900 и 4900 *отв/см*<sup>2</sup>. При наличии крупных включений требуется также определение остатков на ситах с величиной отверстий 10; 5; 3; 1 и 0,5 мм с характеристикой минерального сырья этих остатков.

При разведке огнеупорных глин все пробы подвергаются сокращенным химическим анализам с определением  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , п. п. п. и огнеупорности. Пробы в количестве 7—10% от общего количества проб из выработок, встретивших кондиционные разновидности глин, подвергаются полным химическим анализам, при которых, помимо компонентов, устанавливаемых при сокращенных анализах, определяются  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$  и щелочи. Керамические свойства, зерновой и минералогический состав изучаются для каждой литологической разновидности огнеупорных глин по нескольким выработкам, равномерно размещенным на разведываемом участке.

На основе проведенных исследований лабораторией разрабатывается керамическая классификация, в которой должны быть отражены характеристика химического состава и керамические свойства каждой литологической и керамической разновидности глин, возможная область их промышленного использования, установленные марки глин и их соответствие литологическим разновидностям. Для месторождений озерно-лагунного происхождения (I группа), в целях экономии средств и времени изучение огнеупорных глин можно производить по методике Института огнеупоров, по которой вместо химических анализов и определения огнеупорности производятся массовые керамические испытания. Во всех случаях, где для оценки качества глин производятся химические анализы, они должны быть проконтролированы. Внутренние контроль-

ные анализы производятся в количестве 7—10%, а внешние — в количестве 3—5% от общего числа анализированных проб.

При разведке цементного сырья промышленная оценка глин должна производиться с учетом конкретной сырьевой базы по второй составляющей цементной шихты — карбонатному компоненту. Технологические испытания глин должны быть произведены на карбонатном компоненте того месторождения, которое будет использоваться промышленностью вместе с глинами разведываемого месторождения.

В процессе разведки должны быть изучены горнотехнические условия разработки месторождения. При относительной распространенности легкоплавких глин, используемых в кирпично-черепичном и цементном производствах, всегда возможно выбрать месторождения, пригодные для разработки открытым способом. Поэтому существенное значение в оценке месторождения имеют мощность и характер вскрышных пород, соотношение мощности вскрыши к мощности полезной толщи, мощность и строение полезной толщи, гидрогеологические условия и т. д. Требования к горнотехническим условиям месторождения устанавливаются с учетом конкретной обстановки и согласовываются с промышленной организацией. Практически в большинстве случаев требуется, чтобы объем вскрышных пород и некондиционных пород в составе полезной толщи суммарно не превышал объема полезной толщи. Минимальная рабочая мощность обычно принимается 1—1,5 м. Учитывая сравнительную ограниченность запасов огнеупорных глин, соотношение мощности вскрышных пород и мощности полезной толщи при открытых работах допускается 8 : 1 и в исключительных случаях 10 : 1; обычно требуется, чтобы абсолютная мощность вскрышных пород не превышала 25 м. Известны месторождения, разработка которых ведется подземным способом. Минимальная рабочая мощность огнеупорных глин принимается чаще всего 1 м.

В процессе разведки должны быть охарактеризованы ориентировочно возможные источники водоснабжения.

Запасы глин и суглинков для кирпично-черепичного производства подсчитываются в кубических метрах, для цементного производства и огнеупорных — в тоннах. Для перевода объема запасов в весовые единицы производится определение объемного веса по 4—5 пробам. В этих же пробах должна быть определена влажность. Запасы глин подсчитываются при естественной влажности. Кроме запасов глин, необходимо подсчитать объем вскрышных пород. Запасы огнеупорных глин обычно вследствие сложного распределения промышленных сортов (марок) подсчитываются в валовом выражении с указанием процентного выхода различных марок или сортов, а также некондиционных глин и пустых пород.

Общим требованием к разведке является комплексное изучение месторождений. В условиях изучения месторождений глин должно быть обращено внимание на возможность использования пород, составляющих вскрышу полезной толщи и прослой пустых пород в ней.

Распределение запасов глин по категориям производится, исходя из нижеуказанных условий.

Для отнесения запасов к категории  $A_1$  должны быть соблюдены следующие требования:

а) запасы подсчитаны на площади, примыкающей к карьере и ограниченной с одной стороны опробованным забоем карьера, с другой линией опробованных разведочных выработок, пройденных в расстояниях от карьера и друг от друга, не превышающих половины или четверти расстояний, принятых для категории  $A_2$ , в зависимости от группы месторождения;

б) опробование произведено сплошное по всей мощности разрабатываемой толщи с таким разделением на секции, которое необходимо для планирования качества добываемых глин;

в) процентное соотношение глин различных марок при разведке огнеупорных глин установлено по данным эксплуатационных работ;

г) запасы геометризованы на планах и разрезах в масштабе, соответствующем масштабу маркшейдерской основы, используемой при ведении эксплуатационных работ;

д) соблюдены условия, перечисленные для категории А<sub>2</sub>, в части качественной характеристики глин, изученности их технологии и горно-технических условий разработки месторождения.

Запасы категории А<sub>1</sub> определяются на действующих предприятиях, разрабатывающих огнеупорные или цементные глины, в процессе эксплуатационной разведки и специального опробования для контроля качества сырья при добыче. При разработке месторождений кирпично-черепичного сырья эксплуатационная разведка обычно не производится, запасы категории А<sub>1</sub> не выявляются и производственное планирование добычных работ осуществляется на участках с запасами категории А<sub>2</sub>.

К категории А<sub>2</sub> относятся запасы, детально разведанные и оконтуренные горными выработками или буровыми скважинами, удовлетворяющие, кроме изложенных выше общих, следующим требованиям:

а) форма, условия залегания и строение толщи глин или суглинков детально изучены;

б) изучены гидрогеологические условия месторождения и условия его разработки, характер, объем и распределение вскрышных пород и пустых прослоев в полезной толще;

в) качественная характеристика глин выяснена по отдельным литологическим разновидностям, составляющим полезную толщу, в соответствии с общими требованиями. Технологическая характеристика глин установлена на основании заключения специализированной организации в мере, обеспечивающей проектирование технологической схемы;

г) объемный вес для огнеупорных и цементных глин установлен на основании обмера и взвешивания целиков;

д) запасы подсчитаны в контуре выработок, пересекающих полезную толщу при условии, что расстояния между выработками достаточно геологически обоснованы;

е) запасы подсчитаны на топографической основе масштаба 1 : 1000 или 1 : 2000 и геометризованы на разрезах того же или более крупного масштаба.

Для отнесения запасов глин к категории В, помимо выполнения изложенных выше общих требований, необходимо соблюдение следующих условий:

а) форма, строение и условия залегания толщи глин или суглинков изучены в основных чертах;

б) общие гидрогеологические условия, а также общие условия разработки, в частности объем вскрышных пород, выяснены достаточно полно;

в) качество глин изучено в соответствии с общими требованиями, технологическая характеристика полезного ископаемого дана на основании расчетов в мере, обеспечивающей выбор технологической схемы производства;

г) объемный вес для огнеупорных и цементных глин установлен на основании обмера и взвешивания небольших целиков;

д) запасы подсчитаны в контуре выработок, пересекающих полезную толщу, при достаточно обоснованных расстояниях между ними; для наиболее крупных и простых по строению месторождений глин допу-

скается также интерполяция между выработками, пройденными по разрезанной сети, и геологически обоснованная экстраполяция;

е) запасы подсчитаны и геометризованы на планах и разрезах масштаба 1 : 1000 или 1 : 2000.

К категории  $C_1$  относятся запасы, удовлетворяющие следующим условиям:

а) форма, условия залегания полезной толщи установлены ориентировочно;

б) качество глины изучено в соответствии с общими требованиями с детальностью, обеспечивающей выяснение пригодности глины для данного назначения. Для запасов, примыкающих к запасам более высоких категорий, качество может быть принято по аналогии с последними;

в) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения изучены предварительно на основании общих данных района;

г) объемный вес для огнеупорных и цементных глины принят по аналогии с объемным весом, установленным для сходных пород других месторождений;

д) запасы оконтурены по выработкам, пересекающим полезное ископаемое и пройденным по редкой сетке, или экстраполированы по геологическим данным от запасов более высоких категорий;

е) запасы геометризованы на топографической основе масштаба 1 : 5000 или 1 : 10 000 инструментальной или полуинструментальной съемки.

Для отнесения запасов к категории  $C_2$  достаточно установления общих контуров и геологического строения месторождения, а также определения качества и мощности на основании единичных анализов проб, отобранных из отдельных выработок или обнажений. К категории  $C_2$  относятся также запасы, примыкающие к участкам месторождений, разведанные по категории  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$ , а также запасы, предполагаемые по геологическим и геофизическим данным.

В соответствии с положением о порядке передачи месторождений в промышленное освоение большинство месторождений глины относится к группам «а», «б» и «г» таблицы соотношения балансовых запасов категорий  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$ , необходимого для разработки проектов и выделения капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий.

Месторождения указанных групп должны иметь 10—15% запасов категории  $A_2$ , 30—35% запасов категории  $B$  и 60—50% запасов категории  $C_1$ . Отдельные месторождения огнеупорных глины вследствие сложности их строения передаются в промышленное освоение при наличии запасов категорий  $B$  и  $C_1$  или только категории  $C_1$ . В этом случае разработка проектов и выделение капиталовложений на основании запасов категорий  $B$  или  $C_1$  могут быть допущены лишь при достаточно полной изученности гидрогеологии, горнотехнических условий разработки месторождения, качества и технологии производства.

Ниже в качестве примера приводятся условия классификации запасов кирпичных суглинков Янаульского месторождения № 2 в Башкирской АССР (А. П. Фокина; рис. 315).

Месторождение приурочено к надпойменной террасе р. Буй. Полезная толща сложена четвертичными буровато-коричневыми и желтоватыми суглинками, содержащими растительные остатки и известковистые включения (дутки), приуроченные главным образом к нижней части полезной толщи. В суглинках встречаются гнезда и небольшие линзы мелкозернистого песка. Общая мощность полезной толщи изменяется от 1,5 до 7,8 м, составляя в среднем 4,2 м. Вскрышей является почвенно-растительный слой мощностью от 0,2 до 0,5 м. Месторождение разведывалось до уровня

грунтовых вод 24 скважинами ручного бурения и семью шурфами, расположенными по сетке  $100 \times 100$ ,  $100 \times 150$  и  $150 \times 200$  м. Суглинки опробованы по всей мощности интервалами от 0,6 до 4,9 м; большинство проб отбиралось двухметровыми интервалами. В шурфах пробы отбирались бороздой, в скважинах — с каждого подъема бурового снаряда. Все пробы подвергались гранулометрическому анализу, а по части проб произведены химические анализы и лабораторные керамические испытания. Одна валовая проба весом 18 т, отобранная из шурфа № 31, расположенного в центральной части разведанного участка, подверглась полужавоцким технологическим испытаниям на Красковском опытном заводе РОСНИИМСа. Анализами установлено, что суглинки однородны как по мощности, так и на площади их распространения. Лабораторные керамические испытания показали, что из суглинков не получается хорошего керамического черепка без отощения из-за появления трещиноватости,

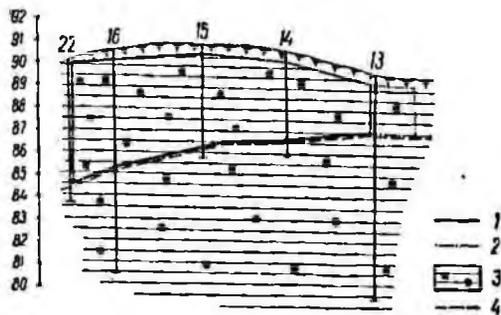


Рис. 315. Разрез Янаульского месторождения кирпичных суглинков (по А. П. Фоккиной)

1 — контур запасов кат. А; 2 — контур запасов кат. В;  
3 — глина известковистая; 4 — уровень грунтовых вод

а пески Иткинеевского месторождения, с которыми производились испытания, не могут быть использованы в качестве отощителя вследствие наличия в них гравийных включений размером 3—10 мм. Полузаводские испытания подтвердили невозможность получения из суглинков Янаульского месторождения № 2 полнотелого кирпича пластическим способом формования при искусственной сушке в тоннельных сушилах. Полученный кирпич, даже с введением в шихту 15—20% шлака, не удовлетворяет требованиям ГОСТ 530—54 по сопротивлению изгибу из-за склонности к свилеобразованию. Вследствие этого были дополнительно произведены технологические испытания с применением естественной сушки сырца, которые показали пригодность суглинков без отощителя для производства полнотелого кирпича методом пластического формования как с применением вакуумирования, так и без вакуумирования масс и обжига сырца при температуре 950°. При этом Красковский завод считает необходимым при организации производства предусмотреть тщательную обработку сырья на бегунах мокрого и вальцах тонкого помола с соблюдением указанной температуры обжига. При соблюдении указанных условий возможно получение полнотелого кирпича марки 150, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 530—54. Кроме того, из суглинков Янаульского месторождения № 2 с добавкой 15% молотого шлака с применением искусственной сушки в течение 48 часов в сушилах тоннельного типа и обжига сырца при температуре 950° может быть получен дырчатый кирпич марки 75, отвечающий требованию ГОСТ 6316—55. Запасы подсчитаны до уровня грунтовых вод. Учитывая однородность в строении полезной толщи и аналогичный характер строения с уже отработанным участком того же месторождения, запасы, разведанные сетью выработок

100×100 м и 100×150 м, были квалифицированы по категории А<sub>2</sub>, а разведанные по сетке 150×200 м и в зоне экстраполяции (рис. 316) — по категории В.

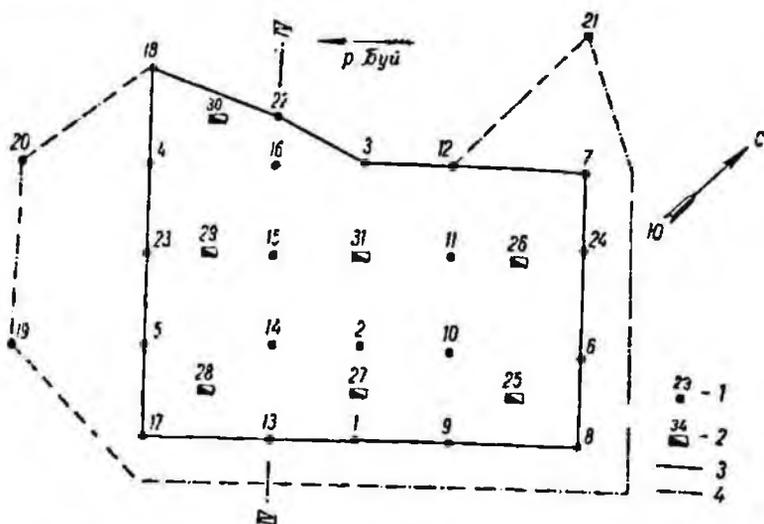


Рис. 316. Схема подсчета запасов Янаульского месторождения кирпичных суглинков (по А. П. Фоккиной)  
1 — номер скважины; 2 — номер шурфа; 3 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 4 — контур запасов кат. В

В качестве примера классификации запасов цементных глин приводится классификация запасов Бродовского месторождения (К. К. Золотов). В геологическом строении месторождения принимают участие рыхлые песчано-глинистые отложения четвертичного и верхнемелового возраста, представленные бурыми суглинками, бурыми и краснобурими глинами, разнозернистыми песками, желтыми и пестроцветными глинами (рис. 317).

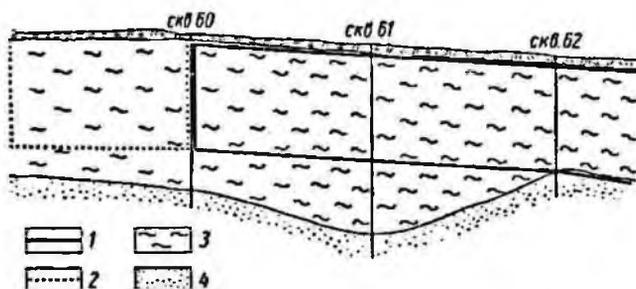


Рис. 317. Геологический разрез Бродовского месторождения цементных глин

1 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов кат. С<sub>1</sub>; 3 — глины бурые; 4 — пески

Продуктивный горизонт сложен бурыми глинами четвертичного возраста, иногда включающими небольшие линзы песка мощностью от 0,5 до 0,8 м. Глины по всей мощности запесочены и представляют собой довольно однородные, плотные, вязкие породы, с редкими включениями обломков известняков и галек кварца размером 1—2 см. Количество песка с глубиной увеличивается, при этом в основании толщи выделяется слой сильно запесоченной глины (остаток на сите 10 000 отв/см<sup>2</sup> достигает 30—50%) мощностью от 1,0 до 8,0 м.

На основании результатов химических и механических анализов, в продуктивной толще глин выделено тело полезного ископаемого, по своим качественным показателям удовлетворяющее требованиям цементной промышленности. Основным критерием при оценке являлась степень залесоченности. Некондиционными считались глины, в пробах по которым остаток на сите 10 000 *отв/см<sup>2</sup>* составил более 20%.

Мощность полезного ископаемого довольно выдержанная и уменьшается с запада на восток. Глины залегают непосредственно под растительным слоем, мощность которого выдержана и в среднем равна 0,45 м. Мощность полезного ископаемого колеблется от 1,2 до 10,5 м. Месторождение относится ко II группе по инструкции применения классификации запасов цементного сырья. Разведано оно скважинами ручного бурения по сетке 100×100 и 200×200 м; с целью контроля данных бурения и для отбора технологических проб были пройдены шурфы, часть из них — на месте пробуренных скважин. Все выработки опробовались послойно, а в однородной толще — секциями длиной от 0,5 до 3,2 м. Прослои глин, литологически отличающиеся от опробуемого слоя при мощности менее 0,4 м, включались в пробу преобладающего слоя.

Технологическая проба отобрана из шурфа № 9 валовым способом. Вес ее 6000 кг; впоследствии она была сокращена до 1500 кг и направлена в Гипроцемент.

Для лабораторно-керамических испытаний отбирались пробы из 8 шурфов бороздой сечением 15×10 см на всю мощность слоя. Для полузаводских испытаний была отобрана проба, которая изучалась в институте НИИСтройкерамики для установления возможности получения кирпича методом пластического прессования.

Рядовые пробы подвергались химическим и механическим анализам. Определялось содержание SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, п. п. п., H<sub>2</sub>O. Механические анализы производились путем рассева проб на ситах 64, 900, 4900, 10 000 *отв/см<sup>2</sup>*. Контрольные внешние химические анализы выполнены на 40 пробах, гранулометрические по 29 пробам.

Технологические испытания в смеси с известняками Переборо-Смолинского месторождения производились НИИГипроцемент по программе, принятой для портланд-цемента.

Анализами и испытаниями было установлено, что глины месторождения в естественном виде по гранулометрическому составу (по содержанию крупной фракции, остающейся на сите 900 *отв/см<sup>2</sup>*) не удовлетворяют требованиям цементной промышленности. Их силикатный модуль 2,77, глинистый — 2,33; по заключению Гипроцемента они могут быть использованы в качестве глинистого компонента цементной шихты при мокром способе приготовления смеси, так как размальваемость сырьевой смеси, составленной на основе глин, не является затрудненной (расход электроэнергии 25 квт-ч).

На основе лабораторных и заводских испытаний пробы НИИСтройкерамики установлено, что глина вследствие высокой чувствительности сырья к сушке и обжигу непригодна для изготовления кирпича.

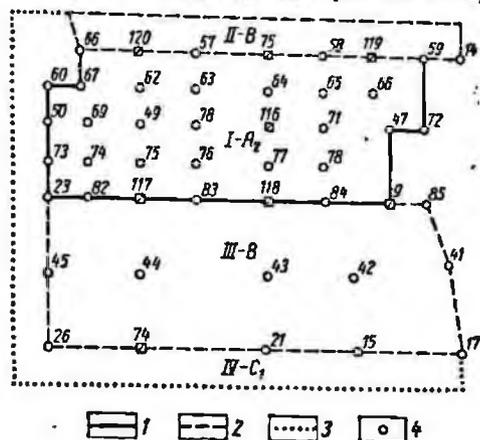


Рис. 318. Схема подсчета запасов Бродовского месторождения цементных глин  
1 — контур запасов кат. А; 2 — контур запасов кат. В; 3 — контур запасов кат. С; 4 — скважинами ручного бурения

Запасы подсчитаны методом среднего арифметического. Классификация их приведена на рис. 318.

В качестве примера классификации запасов огнеупорных глин приводится Курьинское месторождение (М. А. Климов и А. Я. Янчук; рис. 319).

Огнеупорные глины Курьинского месторождения залегают среди нижнемеловых континентальных песчано-глинистых отложений в виде пластообразных и линзообразных залежей сложной формы и непостоянной мощности с отдельными раздувами до 40 м и пережатиями до 2—5 м, наблюдающимися на небольших расстояниях (порядка 50 м). Резкие колебания мощности залежей огнеупорных глин, кроме генетических факторов, очевидно, вызваны широким развитием карста в подстилающих

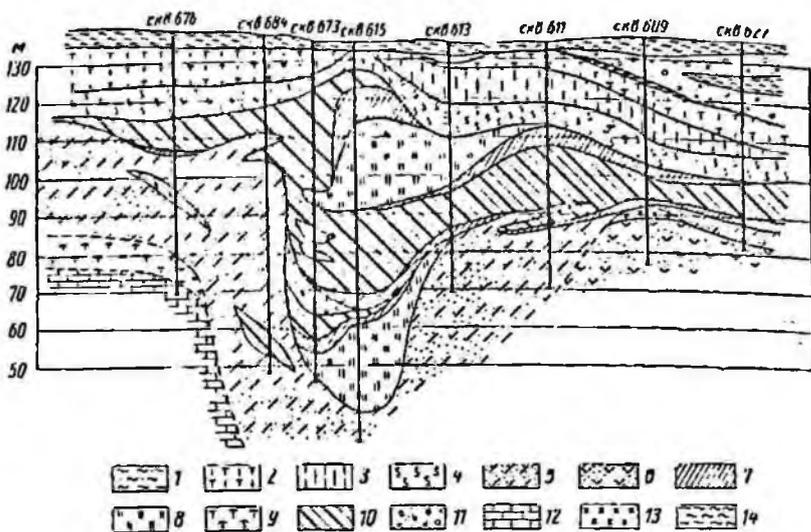


Рис. 319. Геологический разрез Курьинского месторождения огнеупорных глин

1 — суглинок бурый; 2 — трепел рыхлый с обломками опоки; 3 — опока плотная; 4 — глауконитовые пески и глины; 5 — песок кварцевый глинистый; 6 — песок кварцевый с галькой; 7 — глина серого цвета; 8 — глина пестроцветная; 9 — глина пестроцветная с обломками кварца; 10 — глина огнеупорная; 11 — песок кварцевый разнозернистый; 12 — известняк; 13 — бурый железняк; 14 — глина бурая

известняках и размывами продуктивной толщи. В результате образования карстовых впадин и воронок в палеозойских известняках появились просадки и прогибы в вышележащих отложениях, нарушилось первоначальное залегание огнеупорных глин. К понижениям в палеозойских известняках приурочены раздувы и прогибы залежей огнеупорных глин. Прогибы и просадки залежей огнеупорных глин происходили как без разрыва, так и с разрывом сплошности пласта. Морфология залежей на каждом участке имеет свои характерные особенности. На Восточном участке залежь № 1 в плане имеет неправильные извилистые очертания с отдельными заливами и выступами (рис. 320). Размеры залежи 500 м в широтном направлении и 600 м — в меридиональном. Огнеупорные глины в пределах залежи имеют сплошное распространение за исключением северной части, в которой имеются два «окна» размером 40×30 и 50×150 м, выполненных глинистыми песками.

Глины продуктивной толщи Курьинского месторождения по химическому составу весьма разнообразны, содержание основных компонентов в них колеблется в широких пределах — глинозема от 13,17 до 55,0%;  $Fe_2O_3$  от 0,45% до 15,69%;  $SiO_2$  от 1,49% до 83,31% и т. д. По химиче-

скому составу и огнеупорности на месторождении выделяются две группы глин трех сортов (табл. 88).

Характеристика глин Курьинского месторождения Таблица 88

Группы глин	Сорт (марка)	Содержание в прокаленном веществе, %			Огнеупорность, %
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	п. п. п.	
Основные . . . . .	УКВ УК	более 40 от 30 до 40	менее 3 4	не более 10 15	не ниже 1730 1670
Полукислые . . . . .	УК ПК	от 24 до 30	4	18	1650

Все остальные глины, не удовлетворяющие приведенным выше условиям, относятся к некондиционным.

Кондиционные глины в целом обособляются в более или менее выдержанные пластобразные залежи, в пределах которых распределение отдельных сортов не подчиняется определенной закономерности. Технологические и керамические свойства глин Курьинского месторождения, изученные на других участках и подтвержденные многолетним опытом использования глин месторождения в производстве, характеризуют их как хорошее сырье для огнеупорной промышленности.

По условиям залегания, морфологии залежей и степени выдержанности качества глин Курьинское месторождение относится к группе 16 инструкции по применению классификации запасов к месторождениям огнеупорных глин.

Огнеупорные глины на Восточном участке залегают на глубине, достигающей 81—105 м. В кровле залегает мощный горизонт твердых кремнистых опок, затрудняющих проходку скважин. В этих условиях экономически выгодным и достаточно надежным видом разведочных работ является механическое колонковое бурение, которое и было применено при разведке залежи № 1 Восточного участка в 1953—1955 гг. На первой стадии работ применялось ударно-вращательное бурение. Разведочные выработки на залежи № 1 располагались по сети 25×25 м и 25×50 м для категории А<sub>2</sub> и В и 50×50 и 50×100 — для категории С<sub>1</sub>.

Для выяснения морфологии залежей огнеупорных глин и подтверждения правильности густоты разведочной сети при отнесении к категории А<sub>2</sub> дополнительно был пройден ряд скважин на расстоянии 12,5 м друг от друга, существенно не уточнивших установленную морфологию залежей. С целью отбора проб для определения объемного веса и естественной влажности огнеупорных глин было пройдено 2 шурфа. Пробы в скважинах отбирались интервалами 0,5 м. Все пробы подвергались определению остатка на сите 4900 отв/см<sup>2</sup>, обжигу образцов и описанию черепка, определению общей усадки, водопоглощения, огнеупорности и химического состава.

Технологические и полужаводские испытания глин не производились вследствие многолетней практики использования глин Курьинского месторождения Сухоложским шамотным заводом.

С целью изучения гидрогеологических условий на Восточном участке было пробурено три гидрогеологические скважины (№ 592г, 619 и 662г), на которых проведены опытные откачки. Работами установлено, что известняковый водоносный горизонт имеет напорный характер, величина напора колеблется в широких пределах в зависимости от рельефа поверх-

ности известняков. С целью предотвращения прорыва воды рекомендовано оставление предохранительных целиков в подошве залежей.

Объемный вес глины определялся как в процессе разведочных работ, так и при эксплуатации.

Запасы подсчитаны методом геологических блоков. Разделение сортов произведено статистически. Объем вскрыши и прослоев пустых пород, залегающих среди залежи огнеупорных глин, подсчитан отдельно способом среднего арифметического по отдельным блокам. Оконтуривание залежи произведено построением разрезов по всем разведочным линиям с последующей их увязкой на плане подсчета запасов. Контур нулевой мощности принят на половине расстояния между крайними скважинами с промышленной мощностью и скважинами, не встретившими огнеупорных глин. Метровый контур построен интерполированием.

К категории  $A_2$  отнесены запасы, разведанные скважинами по сетке  $25 \times 25$  м и имеющие полную качественную характеристику; к категории В — запасы, примыкающие к запасам категории  $A_2$  и разведанные по сетке  $25 \times 50$  м; к категории  $C_1$  — запасы, расположенные в полосе между контуром запасов  $A_2$  и В и метровым контуром залежей, разведанных по сетке  $50 \times 100$  м. Запасы категории  $C_1$  (экстраполированные и опирающиеся на скважины) подсчитаны отдельно, что облегчило производство подсчета (рис. 320).

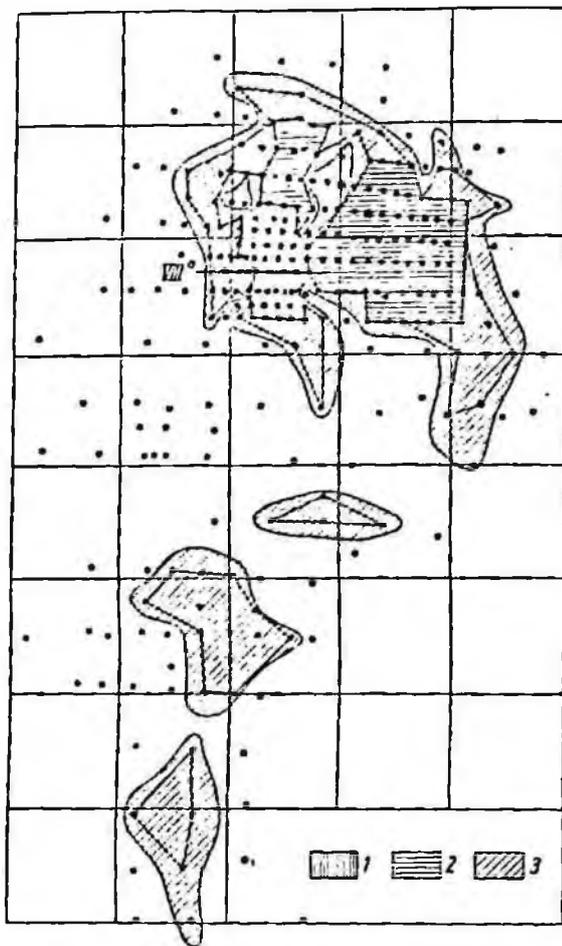


Рис. 320. Классификация запасов Курьинского месторождения огнеупорных глин

1 — запасы кат.  $A_2$ ; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат.  $C_1$ .

При подсчете запасов было выдержано соотношение запасов различных категорий, необходимое для передачи месторождения в промышленное освоение. Месторождение относится к группе «б» неметаллических полезных ископаемых, для которых требуется 10% запасов категории  $A_2$ , 40% категории В и 50% категории  $C_1$ . Фактически разведаны 10,1% запасов категории  $A_2$ , 38,2% категории В и 51,3% категории  $C_1$ . Кроме запасов огнеупорных глин, были подсчитаны запасы опок и трепелов как сырья для цементной промышленности, применяемого в качестве гидравлической добавки при изготовлении портланд-цемента. Промышленная оценка трепелов и опок улучшила горнотехнические условия разработки огнеупорных глин и повысила эффективность геологоразведочных работ.

Стоимость разведки 1 т огнеупорных глин (без учета трепелов) составила 59,5 коп., а стоимость разведки 1 т глин, трепелов и опок — 14 коп.

Недостатком работ является излишняя густота разведочных выработок; учитывая, что ряд залежей Курьинского месторождения эксплуатируется, сеть можно было несколько разредить. Второй недостаток — анализы производились не по методике Ленинградского института огнеупоров, что также привело к увеличению затрат на разведку.

Месторождения песка. Песок относится к полезным ископаемым, пользующимся широким распространением. Наряду с месторождениями только песков встречаются нередко гравийно-песчаные или валунно-гравийно-песчаные месторождения, в части которых содержание гравия достигает значительных размеров и определяет промышленную ценность месторождения.

Песок используется в промышленности в качестве формовочного материала, сырья для стекольного производства и в строительной промышленности, при этом песок из песчано-гравийных месторождений находит применение, вследствие слабой отсортированности материала, главным образом в строительстве и промышленности строительных материалов. Области применения песка в строительной промышленности разнообразны. Он используется, как и гравий, в качестве заполнителя для обычного и гидротехнического бетона, для обыкновенных и асфальтовых покрытий при сооружении шоссежных дорог и в качестве балласта при строительстве железнодорожных насыпей. Песок, кроме того, применяется в производстве силикатного кирпича, песчанистого и портландцемента, штукатурных и кладочных растворов и т. д.

Требования, предъявляемые потребителями к песку, лимитируются соответствующими ГОСТ или техническими условиями. Основными показателями, определяющими качество песка, является гранулометрический, химический и петрографический состав. В зависимости от назначения к песку относятся частицы различных размеров. Например, как заполнитель в бетон к песку относится материал размером от 0,15 до 5 мм, как материал, используемый при строительстве железнодорожных насыпей, к нему относят частицы размером от 0,1 до 3,0 мм, а при использовании для оснований и покрытий шоссежных дорог песком считаются частицы размеров от 0,074 до 2 мм. При оценке песков для стекольного производства и в качестве формовочного материала существенное значение, кроме гранулометрического состава, где главное требование заключается в их однородности, имеет и химический состав. В стекольном производстве используются чистые кварцевые пески, содержание кремнезема в которых достигает 98% и выше. Формовочные пески в зависимости от содержания кремнезема и глинистой составляющей (частицы менее 0,022 мм) подразделяются на ряд классов: кварцевые, тощие, полужирные, жирные и очень жирные.

Условия классификации запасов песков разработаны ВКЗ и ГКЗ в зависимости от области их использования. Применительно к месторождениям строительных песков инструкция составлена С. С. Виноградовым в 1942 г. и до настоящего времени не переиздавалась. В 1954 г. были изданы инструкции по применению классификации запасов к месторождениям песков формовочных и для стекольного производства, разработанных соответственно Н. Ю. Федоровым и С. П. Варпаховским совместно с А. М. Цехомским. В указанных инструкциях в зависимости от условий залегания, формы и размера песчаных залежей, выдержанности мощности и качества месторождения песка подразделяются на отдельные группы, число и характеристика которых в различных инструкциях разные. Указанное положение затрудняет комплексную оценку месторождений, усложняет переоценку месторождения, разведанного для одного какого-либо полезного ископаемого, вследствие чего

в табл. 89 предлагается группировка с некоторой условностью, обобщающая деление на группы в частных инструкциях.

В I группу входят месторождения песков морского, озерного, аллювиального и наиболее выдержанные месторождения флювиогляциального генезиса (Люберецкое, Тамбовское, Миллеровское и др.).

Во II группу могут быть включены озерные, дельтовые, лагунные, аллювиальные, флювиогляциальные и делювиальные месторождения (Новинское в Ленинградской области, Орловское в районе Сталинграда и др.).

В III и IV группы входят месторождения главным образом аллювиальные, золотые, флювиогляциальные и прибрежно-морские, а в V — месторождения, связанные с делювиальными, элювиальными и, отчасти, аллювиальными образованиями.

Требования к методике разведки и изучению месторождений песков в общем виде излагаются ниже.

Группировка месторождений песков

Таблица 89

Группа месторождений	Характеристика группы	Соответствует группе месторождений в инструкции по применению классификации к месторождениям песков		
		стекольных	формовочных	строительных
I	Месторождения пластовые и типа крупных линз с выдержанным качеством песков и относительно постоянной мощностью полезной толщи	I	Ia	I
II	Месторождения пластовые и типа крупных линз с невыдержанным качеством песков и мощностью полезной толщи	II	Iб и Iв	инструкцией не охватывается
III	Месторождения, имеющие удлиненную форму, с выдержанным качеством песка и изменчивой мощностью	инструкцией не охватывается	IIa	II
IV	Месторождения, имеющие удлиненную форму, с невыдержанным качеством песка и резко изменчивой мощностью	инструкцией не охватывается	IIб	
V	Месторождения типа мелких линз и гнезд с невыдержанным качеством и мощностью	III и IV		III

Разведка месторождений песков независимо от области их использования производится буровыми скважинами, шурфами, дудками и расчистками.

Выбор типа разведочных выработок производится в зависимости от строения и условий залегания полезной толщи с учетом гидрогеологических условий. Шурфы и дудки проходятся с целью контроля данных бурения (основного вида разведки), уточнения разреза полезной толщи, а также для определения объемного веса и отбора технологических проб. Шурфы для контроля данных бурения должны задаваться в местах пересечения залежи песков буровыми скважинами. Количество контрольных шурфов определяется строением песчаной залежи, а также способом бурения и колеблется от 10 до 40%. Применение стакана Хаустова позволяет сократить количество контрольных шурфов, а в ряде

случаев совсем исключить их. Колонковое бурение применяется при проходке сильно уплотненных и частично цементированных песков. Диаметр скважин ручного ударно-вращательного бурения должен быть не менее 127—113 мм и как исключение 89 мм. При бурении стаканом диаметр может быть принят 83—90 мм, при колонковом бурении диаметр снаряда должен быть не менее 84 мм. Данные колонкового бурения могут считаться достоверными при выходе керна не ниже 70%. Все выработки должны пересечь полезную толщу полностью или до горизонта, намеченного эксплуатацией, однако и в последнем случае отдельные выработки должны вскрыть полезную толщу также на всю ее мощность.

Форма и ориентировка разведочной сети выбираются с учетом элементов залегания полезной толщи и вероятного направления наибольших изменений мощности и состава продуктивного горизонта. Инструкциями ГКЗ предусматривается плотность разведочных выработок в зависимости от типа месторождений и назначения сырья. Приведенные в инструкциях данные могут быть сведены в табл. 90.

Таблица 90  
Плотность сети при разведке месторождений песков

Группа месторождений по табл. 89	Расположение разведочных выработок	Категория запасов	Расстояния между разведочными выработками в инструкциях по применению классификации запасов песков			
			стекольных	формовочных	строительных	
I	По квадратной или другой равномерной сети	A <sub>2</sub> B C <sub>1</sub>	70—100 140—200 200—300	100 200 —	50—100 100—400 —	
II	То же	A <sub>2</sub> B C <sub>1</sub>	50—70 100—140 200—300	для гр. 1б 50—75 100—150	для гр. 1в 75x100 150x200	инструкцией не охватываются
III	По линиям, расположенным вкрест протяженности залежи	A <sub>2</sub> B C <sub>1</sub>	инструкцией не охватываются	50x100 100x200	25—100x50—200 50—200x100—400	
IV	То же	A <sub>2</sub> B C <sub>1</sub>	инструкцией не охватываются	50x75 100x150	20—200x25—200 25—200x50—400	
V	По квадратной или прямоугольной сети в зависимости от формы линз и гнезд	A <sub>2</sub> B C <sub>1</sub>	для III гр. 25—50 50—100 100—200	для IV гр. — 25—50 50—100	25 50 —	То же

Как видно из табл. 90, приведенные в инструкциях расстояния между выработками могут дать только ориентировку для выбора разведочной сети. В отдельных инструкциях (формовочные пески) расстояния между выработками для каждой категории даны средние для группы месторождений, в других (стекольные и строительные пески) даны известные пределы расстояний с учетом сложности каждой группы месторождений, причем наиболее широкий диапазон расстояний устанавливается в инструкции для строительных песков. Это объясняется в значительной мере и небольшим числом групп, выделенных в указанной инструкции, вследствие чего в I группу инструкции могут быть

включены I и II группы табл. 90. Из изложенного следует, что расстояния между выработками в каждом конкретном случае должны выбираться с учетом особенностей строения разведываемого месторождения и иногда могут выходить за пределы, установленные инструкцией. Особенно часто сеть выработок разрежается при разведке эксплуатирующихся месторождений, на которых условия залегания, строение полезной толщи и основные закономерности в распределении различных разновидностей песков достаточно выяснены. Специальные скважины для определения мощности вскрыши при разведке месторождений песков обычно не проходятся, однако в случае сложного рельефа поверхности полезной толщи инструкцией ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям формовочных песков предусматривается проходка вскрышных выработок. Все разведочные выработки, как все естественные и искусственные обнажения, в пределах разведываемого участка должны быть задокументированы, а полезная толща на всю ее мощность — опробована.

Пробы отбираются послойно, а при большой мощности слоев или отсутствии хорошо выраженной слоистости — секциями. Интервалы взятия послойных или секционных проб должны быть согласованы с промышленной организацией и увязаны с системой разработок месторождения. При тонком переслаивании внутри промышленной толщи в общую массу проб включаются прослойки и включения некондиционных песков или других пород, которые не представляется возможным отделить при эксплуатации. При опробовании песков, предназначенных для стекольной промышленности, должны быть приняты меры, препятствующие загрязнению песков железом от применяемых инструментов. Виды анализов и испытаний проб песка устанавливаются в зависимости от области его использования. Качество стекольных песков в основном определяется содержанием кремнезема и окиси железа, вследствие этого все отобранные при разведке стекольных песков пробы подвергаются химическим анализам. Для натуральных стекольных песков эти анализы в основном состоят из определения содержания окислов железа; в загрязненных песках иногда определяют окись кремния, глинозем, щелочноземельные окислы и др. Механические анализы производят только для части проб, но в случае, когда качество песков лимитируется их крупностью, гранулометрическому анализу подвергаются все секционные и послойные пробы. На основании проведенных анализов устанавливаются контуры промышленной толщи, в пределах которой качество песков изучают детально. С этой целью из первичных проб составляют объединенные пробы с учетом отработки месторождения, которые подвергают полным (с определением  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{R}_2\text{O}$  и потери при прокаливании) или сокращенным (с определением  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) химическим анализам, механическим и минералогическим или «рациональным» анализам. Последние включают в себя комплекс петрографических и физико-химических исследований и выполняются с целью решения вопроса о способе и пределе обогащения песков. Качество формовочных песков в значительной мере определяет гранулометрический, а также химический состав. Вследствие этого все отобранные пробы должны быть испытаны на зерновой состав (с определением глинистой составляющей), газопроницаемость, а для песков полужирных, жирных и очень жирных (классов П, Ж и ОЖ) — на сжатие по ГОСТ 2189—43. Часть проб подвергается химическому анализу: в них определяют кремниевую кислоту, глинозем, окислы железа, окись кальция, окись магния, щелочи, сера сульфидная и сульфатная, углекислота и потери при прокаливании. Химический анализ подвергается такое количество проб, которое достаточно для характеристики среднего состава каждой из основных разновидностей песков, однако не менее 10% от общего количества проб,

а также не менее 5 проб и не более 25—30 проб по каждой разновидности. Для кварцевых песков (класса К) полные анализы должны быть произведены в таком количестве, которое обеспечивает их классификацию по ГОСТ 2138—51.

Определение минералогического состава песка, формы их зерен, скатанности, а также огнеупорности производится по ограниченному количеству характерных проб песка основных разновидностей, однако, достаточно для качественной оценки песков.

При разведке месторождений строительных песков все отобранные пробы подвергаются механическому анализу, с определением фракций, указанных в соответствующих ГОСТ и технических условиях. Остальные анализы (химические, минералогические и др.) проводятся только по небольшой части проб. Однако в случаях, когда качество песков, кроме зернового состава, лимитируется другими их свойствами (загрязненность органическим веществом, сернистыми соединениями, слюдой) большей изменчивостью, соответствующие анализы или испытания проводятся по большему числу проб или по всем пробам. Для песков, предназначенных для силикатного кирпича и портланд-цемента, химическими анализами определяют  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{R}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{R}_2\text{O}$  и потери при прокаливании, а для песков, идущих в качестве заполнителя в бетон или для приготовления кладочных и штукатурных растворов, — только  $\text{SO}_3$  и органические примеси.

Правильность производства химических анализов должна быть проконтролирована путем анализа дубликатов проб в другой лаборатории. Контрольные анализы должны производиться систематически в объеме около 10% от общего числа химических анализов, однако общее количество контрольных проб должно быть не меньше 20—30. Количество проб, отбираемых для специальных лабораторных испытаний песка, зависит от намечаемой области их использования, постоянства состава песков и размера залежи. В среднем можно принять одну выработку на 1—3 га площади месторождения при разведке песков для силикатного кирпича и одну выработку на 3—8 га при разведке песков для других строительных целей. Пробы для заводских технологических испытаний отбираются только при разведке строительных песков, предназначенных для производства силикатного кирпича. При разведке формовочных песков отбор проб для заводских испытаний производится на месторождениях с невыдержанным литологическим составом, а также в случае необходимости обогащения песков. Вес валовых проб согласовывается с организацией, производящей испытания. При разведке некондиционных песков производятся в ряде случаев испытания на обогатимость, которые нужны обычно при разведке песков для стекольного производства в лабораторных, полупромышленных и заводских условиях. При разведке строительных песков, загрязненных глинистыми частицами или другими примесями, нередко производится их промывка с целью удаления загрязняющих частиц.

При разведке месторождений песков освещаются гидрогеологические и горнотехнические условия разработки. Степень изученности условий отработки месторождений, передаваемых в промышленное освоение, должна обеспечивать возможность составления технического проекта разработки.

Запасы формовочных песков, песков, предназначенных для стекольного и цементного производства, подсчитываются в весовых единицах. Вследствие этого одним из важных показателей является их объемный вес, который определяется путем выемки небольших целиков (размером 0,25—0,5 м<sup>3</sup>). Одновременно с объемным весом устанавливается влажность песков и коэффициент разрыхления. Запасы песков для других строительных целей подсчитываются в объемных единицах.

Подсчет запасов песков производится на топографической основе масштаба 1:2000—1:1000 для категорий А<sub>2</sub> и В и 1:10 000 для категории С<sub>1</sub>.

Обязательным условием при изучении месторождений песков является получение данных о возможности применения как самих песков, так и вмещающих пород в других отраслях промышленности. Учитывая сравнительную ограниченность месторождений формовочных песков, при изучении месторождения песков для любого назначения согласно Постановлению Совета Министров СССР от 22 декабря 1956 г. № 1441 необходимо произвести минимальный объем испытаний для принципиальной оценки разведанных песков как формовочного материала. При разведке строительных песков, качество которых в основном определяется зерновым составом, количество выделяемых фракций, лимитируемых ГОСТ, в отдельных характерных пробах необходимо увеличивать с тем, чтобы можно было произвести комплексную оценку месторождения песка. Иногда разделение на фракции недостаточно для комплексной оценки

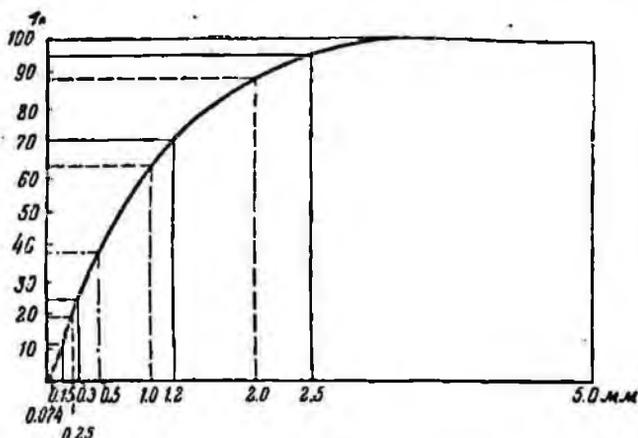


Рис. 321. Оценка гранулометрического состава песка графическим методом

песка как строительного материала. В этом случае для предварительной оценки целесообразно воспользоваться графическим методом, сущность которого заключается в следующем. На одной из осей прямоугольных координат (рис. 321) в определенном масштабе откладывают размеры сит, принятых при изучении месторождений, располагая более мелкие у начала координат; на второй оси — общее содержание материала в весовых процентах, прошедшее через сито. Полученные таким образом точки соединяют плавной кривой; по ней определяют содержание фракций, рассев на которые не производился.

Кроме изложенных общих требований, для отнесения запасов песков к категории А<sub>1</sub> требуется соблюдение следующих условий:

а) запасы подсчитаны в контуре, непосредственно прилегающем к горноэксплуатационным выработкам и разведаны сетью выработок эксплуатационной разведки;

б) литологические типы полезного ископаемого вполне изучены и увязаны с промышленными сортами; форма тела полезного ископаемого и распределение некондиционных и пустых прослоев среди полезной толщи выяснены с детальностью, достаточной для производства эксплуатационных работ;

в) по всем выработкам эксплуатационной разведки произведено опробование на полную мощность полезной толщи, а также опробование забой карьера, находящийся в границах участка разведки. Качественная

характеристика песков, в случае необходимости — по горизонтам и уступам, дана на основании опыта их промышленного использования;

г) гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения изучены с полнотой, обеспечивающей нормальное ведение подготовительных и очистных работ;

д) запасы подсчитаны на топографической основе, соответствующей по масштабу маркшейдерским планам, используемым при ведении эксплуатационных работ.

Необходимыми условиями для отнесения запасов к категории  $A_2$  являются следующие:

а) изучены условия залегания и строения толщи песков, распределение прослоев кондиционных песков и пустых пород, а также характер загрязнения песков вредными примесями;

б) изучено качество песков по отдельным их разновидностям в мере, достаточной для окончательного выбора системы эксплуатации месторождения. Технологические свойства песков установлены в полужаво-дских или заводских условиях на представительных пробах для основных типов песков. Для песков, требующих обогащения, степень их обогатимости выяснена с детальностью, обеспечивающей проектирование обогатительных установок;

в) изучены гидрогеологические условия месторождения и горнотехнические условия в мере, необходимой для составления проекта разработки месторождения;

г) запасы подсчитаны в контуре, ограниченном выработками, расстояния между которыми обеспечивают выполнение условий, указанных в пунктах «а» и «б» настоящих требований;

д) запасы подсчитаны на инструментальной топографической основе в масштабе не мельче 1 : 1000 или 1 : 2000; расстояния между выработками, на которые опираются подсчетные блоки, должны быть на чертеже не менее 50 м.

Для отнесения запасов к категории В, кроме общих требований, изложенных выше, необходимо соблюдение следующих условий:

а) залегание песков, строение продуктивной толщи, общий характер распределения песков различных разновидностей, а также некондиционных участков и пустых пород изучены;

б) данные по качественной характеристике достаточны для подсчета валовых запасов с ориентировочным соотношением песков различного качества. Технологические свойства песков, а для песков, требующих обогащения, — степень обогатимости изучены с детальностью, достаточной для выбора технологической схемы переработки или обогащения;

в) общие гидрогеологические условия и условия разработки, в частности объем и характер вскрышных пород, выяснены достаточно полно;

г) запасы подсчитаны в контуре выработок, расстояния между которыми обеспечивают выполнение пунктов «а» и «б» настоящих условий или в зоне геологически обоснованной экстраполяции к категории  $A_2$ ;

д) запасы подсчитаны на топографической основе масштаба 1 : 1000 или 1 : 2000.

Для отнесения запасов к категории  $C_1$  необходимо соблюдение следующих условий, кроме общих:

а) залегание и строение толщи песков изучены в общих чертах, позволяющих определить генетический тип месторождения;

б) качественная характеристика песков определена предварительно на основании анализов небольшого количества проб по редкой сети выработок, однако достаточна для определения пригодности песков для данного назначения. Для запасов, примыкающих к запасам песков более высоких категорий, качество песков может быть принято по анало-

тин с более изученными участками. Установлена принципиальная возможность обогащения песков и их переработки;

в) гидрогеологические условия месторождения и горнотехнические условия его разработки изучены предварительно;

г) запасы подсчитаны в контуре разведочных выработок, пройденных по редкой сети или в зоне экстраполяции к запасам более высоких категорий;

д) запасы подсчитаны на топографической основе инструментальной или полуйструментальной съемки масштаба 1 : 2000 — 1 : 5000.

К категории  $C_2$  относятся запасы песков при условии установления общего геологического строения с определением генетического типа месторождения и проведения единичных исследований проб полезного ископаемого. Площадь распространения и мощность полезной толщи могут быть установлены ориентировочно на основании редких выработок или обнажений и геологических соображений. Для подсчета запасов может быть использована топографическая основа любого масштаба, допускающая геометризацию предполагаемых контуров тела полезного ископаемого.

Ниже в качестве примера приводятся условия классификации запасов формовочных песков Чадаевского месторождения (Н. А. Заботин).

Полезная толща месторождения представлена песками верхнесаратовского возраста, среди которых выделено три продуктивных горизонта. Первый и второй промышленные горизонты сложены крупнозернистыми, реже среднезернистыми кварцевыми песками и разделены между собой не представляющими промышленной ценности мелкозернистыми глинистыми песками с прослоями песчаников. Нижний горизонт сложен мелкозернистыми глинистыми песками. Средняя мощность песков отдельных горизонтов колеблется от 2,5 до 10,5 м. Вскрышные породы для первого промышленного горизонта представлены почвенно-растительным слоем и не повсеместно развитыми мелкозернистыми глинистыми песками с включением обломков песчаника общей средней мощностью 4,6 м, для второго промышленного горизонта — мелкозернистыми глинистыми песками, чередующимися с прослоями кварцевых песчаников средней мощностью 4 м (рис. 322).

Подземные воды, встреченные в пределах месторождения единичными выработками, носят локальный характер и имеют незначительный дебит. Разведка месторождения производилась в два этапа.

Пески до кровли II промышленного горизонта разведывались шурфами, из которых, в большинстве случаев ниже, были пройдены скважины ручного бурения. В период разведки 1943—1944 г. выработки располагались по неправильной сети с интервалами между ними от 50 до 200 м. При дополнительной разведке, проведенной в 1955 г. на прикарьерной площади месторождения, выработки располагались по 50 и 100-метровой сети. Всего на месторождении в 1943—1944 гг. пройдено 46 выработок и в 1955 г. — 26 выработок.

Пески II промышленного горизонта на северо-восточной площади месторождения не были вскрыты из-за недостаточной глубины скважин. Условия залегания нижнего горизонта, вскрытого только отдельными выработками, не были установлены.

Отбор проб производился послойно. В шурфах пробы отбирались бороздой сечением  $5 \times 10$  см по противоположным стенкам. Интервалы отбора проб колебались от 0,2 до 2,2 м. Всего в 1955 г. отобрано и подвергнуто физико-механическим испытаниям 379 послойных проб. Из послойных проб, близких по зерновому составу, были составлены 32 средние пробы, характеризующие пески по горизонтам. Химический и минералогический составы песков изучены соответственно по 23 и 11 пробам. Лабораторное определение объемного веса произведено по

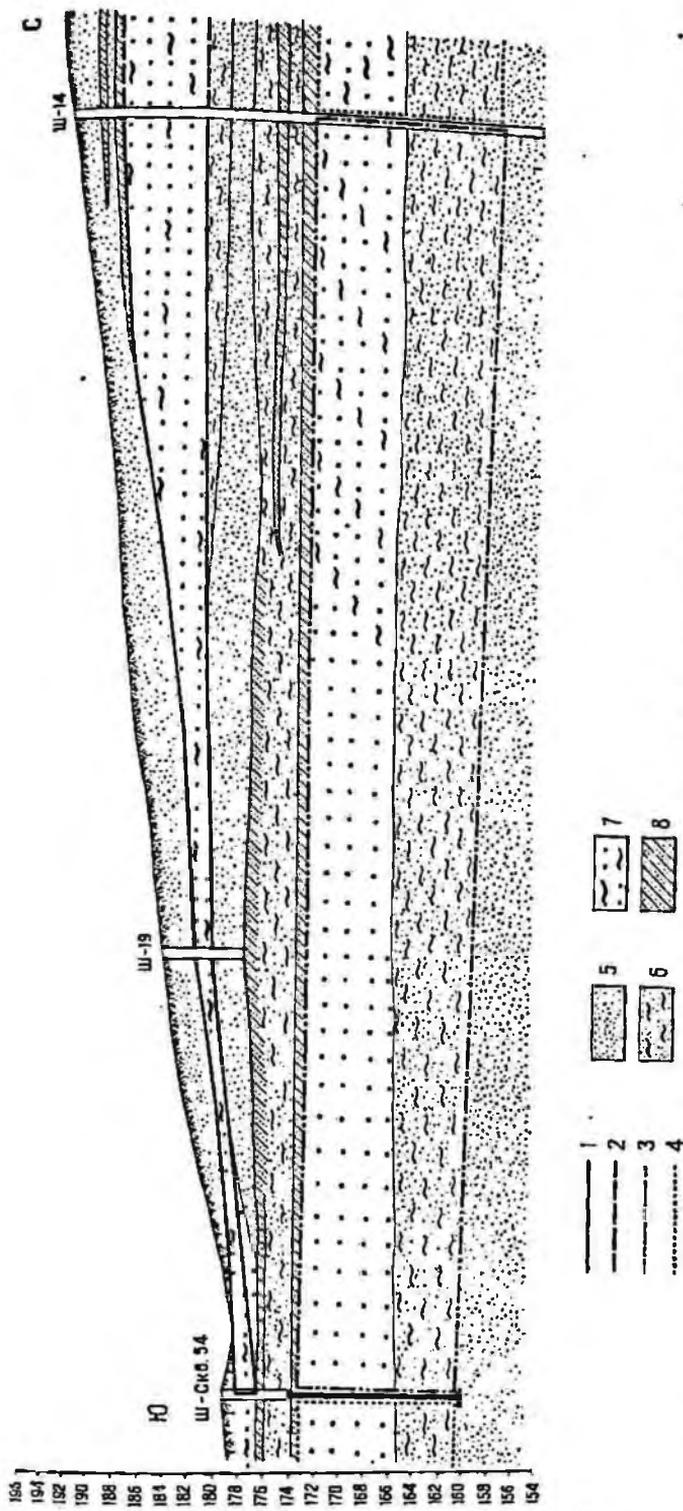


Рис. 322. Геологический разрез Чадаевского месторождения формовочных песков

1 — контур залпов кат. А<sub>2</sub> / горизонта; 2 — контур залпов кат. В / горизонта; 3 — контур залпов кат. А<sub>3</sub> II горизонта; 4 — контур залпов кат. С<sub>1</sub> II горизонта; 5 — пески Т 70/40 и Т 140/70; 6 — пески Т 50/100 и Т 100/50; 7 — пески Т 40/70 и Т 70/40; 8 — кварцит и окварцованный песчаник

8 пробам и огнеупорности — по 6 пробам. Кроме того, для качественной характеристики песков использованы результаты физико-механических испытаний 180 проб, отобранных в 1943—1944 гг.

Принимая во внимание, что пески I и II промышленных горизонтов в течение ряда лет используются промышленностью для формовочных целей, технологические испытания их в полузаводских условиях не производились. Ввиду того, что полузаводские технологические испытания песков нижнего неразрабатываемого горизонта не производились, конкретное назначение их не установлено.

Результаты физико-механических испытаний и данные эксплуатации свидетельствуют, что I и II горизонты сложены в основном крупнозернистыми песками марок К 40/70, К 70/40, Т 40/70 и Т 70/40. В подчиненном количестве в I горизонте встречаются пески марок К50/30, Т50/30 и П40/70 и во II горизонте — Т50/100 и Т100/50. Пески обоих

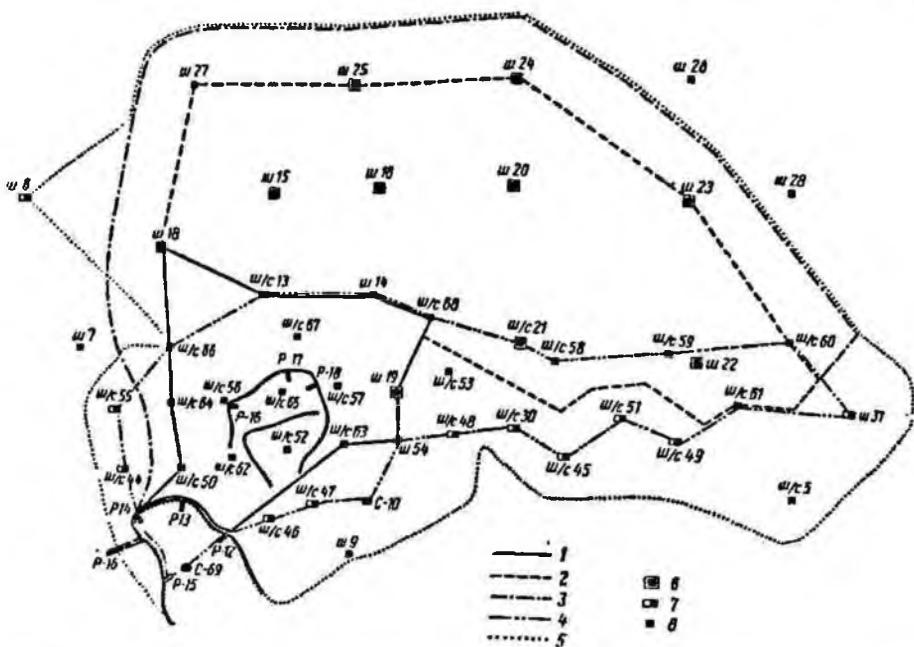


Рис. 323. Схема классификации запасов Чадаевского месторождения формовочных песков

1 — контур выносов кат. А<sub>2</sub> по I горизонту; 2 — контур запасов кат. В по I горизонту; 3 — контур запасов кат. С<sub>1</sub> по I горизонту; 4 — контур запасов кат. А<sub>2</sub> по II горизонту; 5 — контур запасов кат. С<sub>1</sub> по II горизонту; 6 — выработки, не доведенные до 2-го промышленного горизонта; 7 — выработки, вскрывшие только 2-й промышленный горизонт; 8 — выработки, вскрывшие 1-й и 2-й промышленные горизонты

горизонтов по всем показателям удовлетворяют требованиям ГОСТ 2138—51 и используются промышленностью в качестве формовочного материала для стального и чугунного литья. Нижний горизонт сложен мелкозернистыми песками класса Т. Промышленной ценности эти пески не имеют.

Запасы подсчитаны методом среднего арифметического отдельно по горизонтам (рис. 323).

Запасы I горизонта квалифицированы по категории А<sub>2</sub> в контуре выработок при расстояниях между ними 50—100 м, по категории В — при расстояниях 100—200 м и по категории С<sub>1</sub> в 50-метровой зоне экстраполяции от запасов категории А<sub>2</sub> и В. Запасы II горизонта подсчитаны по категории А<sub>2</sub> в контуре выработок, расстояния между которыми составляют 50—100 м и по категории С<sub>1</sub> по всей площади, на

которой были подсчитаны запасы песков I горизонта, а также на площадях, разведанных единичными шурфами (шурфы №№ 5, 9, 6, 23). Широкая экстраполяция запасов II горизонта, квалифицируемых по категории С<sub>1</sub>, объясняется сравнительно выдержанными условиями залегания и мощности пласта песков, а также их качества. Запасы нижнего горизонта, ввиду неясности их промышленной ценности, не подсчитывались. Месторождение по условиям залегания, выдержанности состава и свойств песков отнесено к группе «а» месторождений неметаллических полезных ископаемых, передача которых в промышленное освоение возможна при наличии 15% запасов категории А<sub>2</sub> и 35% запасов категории В к общему количеству запасов, включаемых в обоснование проектирования предприятия.

В качестве примера классификации запасов строительных песков приводится валуно-песчано-гравийное месторождение «Соловараки»

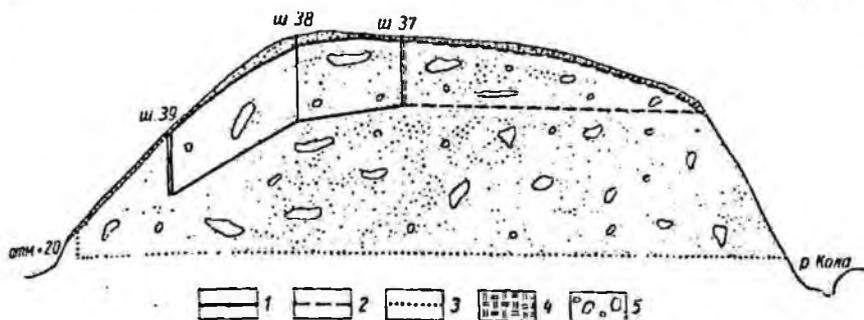


Рис. 324. Геологический разрез месторождения строительных песков Соловараки  
1 — запасы кат. А<sub>2</sub>; 2 — запасы кат. В; 3 — запасы кат. С<sub>1</sub>; 4 — почвенно-растительный слой;  
б — валуно-гравийно-песчаная порода

в Кольском районе Мурманской области (Р. Р. Фурман). Гравий, песок и валуны после дробления их в щебень предназначались в качестве инертного заполнителя в обычный и гидротехнический бетон. Кроме того, песок частично должен быть использован для приготовления кладочных и штукатурных растворов. Месторождение представляет собой сопку длиной около 1100—1200 м и шириной от 600 до 1100 м.

Полезная толща представляет собой несортированную валуно-песчано-гравийную массу, которая в горизонтальном и вертикальном направлениях закономерно обогащается либо гравийной, либо песчаной фракцией. Однако наибольшая насыщенность валунами приурочена к поверхностному горизонту, а в площадном отношении — к северо-восточной части месторождения. Среди песчано-гравийной толщи изредка встречаются линзы разнозернистых песков (рис. 324). Полезная толща не обводнена. Качество пород определялось путем изучения петрографического состава, гранулометрического состава, определения объемного веса, коэффициента разрыхления, степени загрязненности глинистыми частицами и органическими примесями, а также по результатам механических испытаний.

Месторождение разведывалось шурфами, расположенными по сетке 100 × 100, 200 × 200 и 400 × 400 м. На склонах сопки расстояния между шурфами (№№ 11а, 11, 55; 14, 57, 58) уменьшались до 40—60 м с целью перекрытия смежными выработками интервалов проходки. Большое количество крупных валунов не позволяло в ряде случаев пройти шурф до намеченной глубины. Попытки применения скважин ручного бурения не дали положительных результатов. Вследствие этого контур запасов категорий А<sub>2</sub> и В по глубине не выдержан. Пробы на месторождении отбирались на грохочение для определения гранулометрического состава из всех

выработок. Гранулометрический состав определялся по секционным пробам. Материал рассеивался на фракции 150, 120, 80, 40, 20, 10, 5, —5 мм. В соответствии с ГОСТ 2779—50 и 2781—50 фракции крупнее 150 мм относились к валунам; —150 +5 мм — к граввию и —5 мм — к песку.

Определение степени загрязненности глинистыми и иловатыми песками, а также органическим веществом производилось по пробам, отобранным из секционных проб в выработках, расположенных по 200-метровой сети и из каждой секционной пробы в шурфах, где наличие указанных примесей устанавливалось визуально. Для проведения физико-механических испытаний песка и гравия было опробовано 15 шурфов, расположенных таким образом, чтобы качество полезного ископаемого на площади разведываемого участка было освещено по возможности

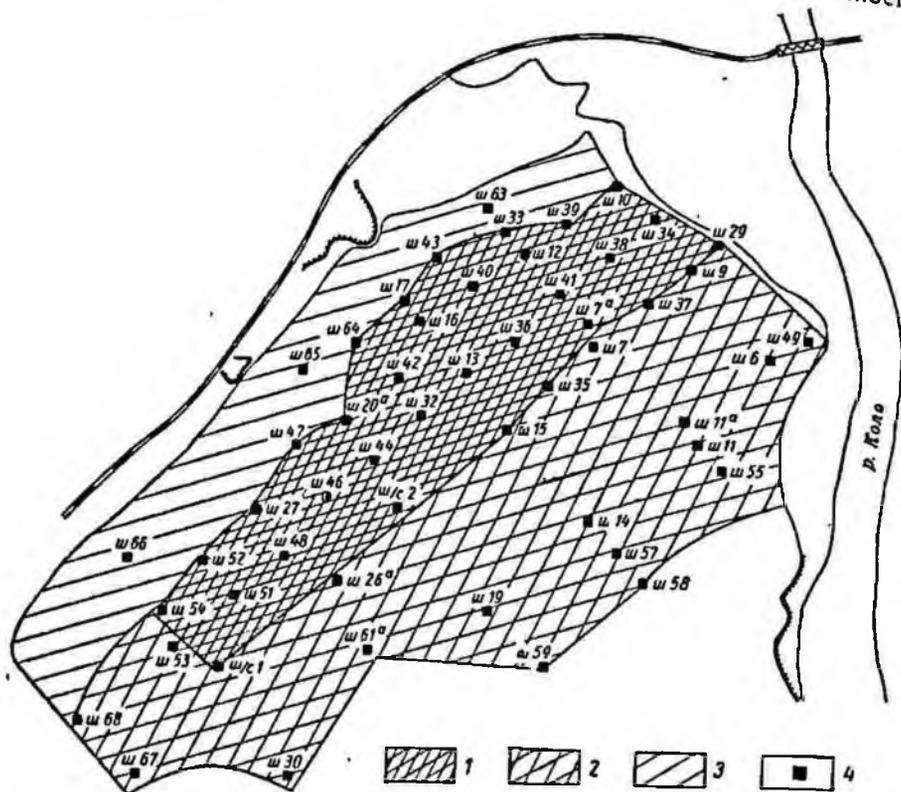


Рис. 325. Схема классификации запасов месторождения строительных песков Соловарки

1 — записи кат. А; 2 — записи кат. В; 3 — записи кат. С; 4 — шурфы

равномерно. Кроме того, из трех шурфов 26-а, 41 и 44 были отобраны пробы валунов для оценки физико-механических свойств щебня.

Пробы на полный цикл испытаний отобраны из 5 шурфов, причем по 3 из них была произведена петрографическая разборка валунно-гравийных фракций. На сокращенный цикл физико-механических испытаний отобраны пробы из 10 шурфов. Вес проб на полный цикл испытаний составлял для гравия 200 кг, для песка 100 кг; на сокращенный — соответственно 40 и 30 кг. Пробы на указанные виды испытаний составлялись как средневзвешенные, т. е. количество материала каждой фракции из соответствующей секции бралось пропорционально длине интервала пробы и проценту содержания в ней этой фракции.

Объемный вес и коэффициент разрыхления определены по четырем шурфам.

Пробы гравия испытывались на морозоустойчивость путем 25-, 35- и 50-кратного замораживания; в них определялся объемный и удельный вес образцов, объем пустот, водопоглощение, содержание глинистых и пылеватых частиц, зерен слабых пород, зерен игловатых и пластинчатых, содержание  $SO_3$ , количество опала и кремнистых соединений, содержание органических примесей. В пробах песка определялся объемный вес, содержание глинистых и пылеватых частиц,  $SO_3$ , слюды и органического вещества. Запасы подсчитаны валовые, методом среднего арифметического с указанием содержания в песчано-валунно-гравийной породе содержания гравия, песка и валунов. Квалификация запасов произведена в соответствии с плотностью сети опробования и избрана на рис. 325. Месторождения отнесены к группе «а» месторождений неметаллических полезных ископаемых, передача которых в промышленное освоение возможна при наличии 15% запасов категории  $A_2$  и 35% запасов категории В к общему числу требуемых запасов.

Месторождения самородной серы. Природная сера употребляется для производства серной кислоты, в бумажной промышленности, в производстве взрывчатых веществ и искусственного волокна, резиновой промышленности и т. д.

Качество серных руд определяется в основном содержанием в них элементарной серы. Однако режим флотации и плавки серных руд в значительной степени зависит также от примесей в рудах битумов, степени дисперсности серы, морфологии ее зерен и от минерального состава вмещающей породы. Единых требований к качеству серных руд не разработано и устанавливаются они потребляющей промышленностью для каждого конкретного месторождения в зависимости от области использования серы. В настоящее время серные руды чаще всего подразделяются по содержанию в них серы на 4 сорта, каждому из которых соответствует определенный вид плавки (табл. 91).

Таблица 91

Сорта серных руд

Сорт	Содержание серы в руде, %	
	осадочных месторождений	вулканогенных месторождений
1	больше 25	больше 40
2	от 18 до 25	от 20 до 40
3	от 12 до 18	от 8 до 20
4	от 5 до 12	—

Ряд отраслей промышленности ограничивает содержание в товарной сере вредных примесей, в частности битумов, мышьяка, селена и некоторых других.

Известные в Советском Союзе промышленные месторождения самородной серы имеют вулканогенное или осадочное происхождение. По морфологическим особенностям каждый из этих типов разделяется на два подтипа.

- I. Вулканогенные: а) пластообразные залежи;  
б) залежи неправильной формы.

- II. Осадочные: а) пластовые и пластообразные залежи;  
б) залежи линзовидные, гнездовые и неправильной формы.

Вулканогенные месторождения первого подтипа обычно образуются в вулканических озерах, имеют горизонтальное залегание, плавные округлые очертания и характеризуются отсутствием резких колебаний в осернении.

Месторождения вулканогенного образования второго подтипа связаны с деятельностью горячих серных источников и фумарол, а также образуются в результате непосредственного излияния расплавленной серы. Залежи обычно невелики, залегают непосредственно на поверхности или на небольшой глубине и обладают прихотливыми очертаниями. Степень осернения и мощность залежей сильно изменчивы.

Осадочные месторождения первого подтипа характеризуются значительной площадью распространения сероносных пластов, простотой их контуров, четкостью контактов с вмещающими породами, с которыми они залегают обычно согласно. Углы наклона изменяются от горизонтальных до круто- и вертикальнопадающих. При крутом залегании сероносные породы распространяются на большую глубину по падению. Мощность залежей и степень осернения изменяются в широких пределах, но чаще всего постепенно. К этому типу относятся месторождения Язовское, Раздольское, Алексеевское, Гаурдак, Шор-Су и др.

Осадочные месторождения второго подтипа характеризуются обычно небольшими размерами и резко изменчивыми мощностями. Залегают чаще всего на небольшой глубине, степень осернения бывает равномерной, но чаще всего сильно изменчива даже на весьма небольших расстояниях.

Месторождения этого подтипа многочисленны. К ним относятся Каракумское, конгломератовые участки месторождения Шор-Су и многие другие.

Выделенные морфогенетические типы серных месторождений обуславливают и методику их разведки. Для наиболее выдержанных пластовых и пластообразных месторождений вулканогенного или осадочного генезиса (подтипы Ia и IIa) допустима разведка колонковыми скважинами при условии проверки данных бурения горными выработками; однако разведочная сеть при разведке менее выдержанных вулканогенных месторождений сгущается, а удельный вес горных выработок повышается. Осадочные месторождения второй подгруппы (IIб) могут также разведываться скважинами колонкового бурения, но относительное количество и значение горных выработок здесь увеличивается в связи с неравномерным характером осернения. Вулканогенные месторождения неправильной формы обычно имеют неглубокое залегание, разведуются наиболее густой сетью горных выработок (канав и шурфов), однако, учитывая, что проходка горных выработок значительно ускоряет процессы эрозии, которые могут привести к быстрому разрушению месторождения, и принимая во внимание малый размер сероносных залежей, в ряде случаев разведка месторождений этого типа до высоких категорий представляется нецелесообразной. Высокая крупность серы и частое развитие кавернозно-ячеистых структур в серных рудах приводят к тому, что сера выкрашивается из керна буровых скважин, в результате чего происходит обеднение керна и полученные по данным бурения результаты обычно бывают заниженными. Степень обеднения керна находится в зависимости от его выхода. На рис. 32б показан график относительного расхождения бороздowego и кернавого опробования в зависимости от выхода керна на одном из участков Каракумского месторождения. Улавливание и опробование шлама в настоящее время при разведке серных месторождений не производится, так как применение безнасосного бурения обычно позволяет получить достаточно высокий выход керна. Ввиду изложенного, скважины с выходом керна ниже 75% считаются браком. Однако, сравнивая результаты кернавого опробования с бороздowym, следует иметь в виду, что иногда опробование горных выработок бороздую нормального сечения дает несколько завышенные результаты вследствие обогащения материала серой, выкрашивающейся из прилегающих к пробе участков. В этом

случае необходимо контрольное опробование широкой бороздой или сопоставление бороздового и валового опробования. Учитывая, что на многих серных месторождениях осадочного образования вмещающие серу породы являются относительно легко растворимыми (известняк, доломит, гипс, ангидрид), отчего обычно широко развит карст, необходимо по разведочным выработкам определять коэффициент закарстованности при вычислении объема серных руд. Специфической особенностью многих серных месторождений является их газоносность, в связи с чем при разведке должны устанавливаться источники газовыделений, пути миграции газов, газоносность различных стратиграфических и литологических горизонтов и тектонических структур, интенсивность выделения газов на различной глубине и т. д.

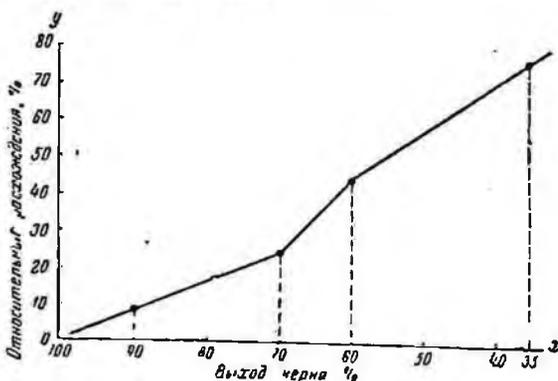


Рис. 326. График относительного расхождения бороздового и кернавого опробования в зависимости от выхода керна

При подсчете запасов серных месторождений наиболее часто применяются метод геологических блоков и способ параллельных вертикальных сечений. Для месторождений серы всех типов за исключением вулканогенных второй подгруппы (16) запасы в зависимости от степени их изученности могут быть отнесены к любой из существующих категорий. Залежи неправильной формы вулканического происхождения, в связи со сложностью их строения и небольшими размерами до категории  $A_2$  обычно не разведываются.

Условия отнесения разведанных запасов серных месторождений к различным категориям разработаны в инструкции ВКЗ, составленной А. С. Соколовым.

К категории  $A_2$  относятся запасы на площадях, где:

а) условия залегания, форма и строение сероносных тел установлены; качество руд изучено в степени, позволяющей выделить отдельные типы и сорта руд; данные буровой разведки проверены опробованием контрольных горных выработок или керна скважин большого диаметра; контроль бороздового опробования осуществлен задирковыми или валовыми пробами либо бороздой значительно большего сечения; характеристика главнейших типов и сортов руд дана по валовым пробам, отобраным из всех основных обособленных залежей;

б) объемный вес руд установлен валовым способом для всех типов и сортов и подтвержден испытаниями образцов, отобранных равномерно по всей площади месторождения; при определении объемного веса устанавливалась влажность руды, ее кусковатость и коэффициент разрыхления;

в) способы обогащения и технологической переработки изучены применительно для различных типов и сортов серных руд с деталь-

ностью, обеспечивающей проектирование схем переработки и технологии использования полезного ископаемого;

г) гидрогеологические условия и газовый режим месторождения изучены качественно и количественно; собраны данные, и, в частности, определена величина притока воды в будущие выработки, позволяющие разработать мероприятия, обеспечивающие безопасное ведение эксплуатационных работ;

д) физико-механические свойства серных руд и вмещающих пород, а также специфические особенности месторождения, определяющие горнотехнические условия его эксплуатации, изучены;

е) на эксплуатирующихся месторождениях собран материал, необходимый для анализа достоверности результатов ранее проведенных разведочных работ.

К категории В относятся разведанные запасы при условии, что:

а) форма, строение сероносных тел и условия их залегания изучены; качественная характеристика выяснена с детальностью, позволяющей установить природные типы и сорта руд без детализации их распределения. При отсутствии на месторождении запасов категории  $A_2$  данные кернового опробования проверены выборочным порядком — опробованием скважин большого диаметра или горных выработок; характеристика серных руд дана по единичным валовым пробам;

б) объемный вес руд установлен по типичным образцам в лабораторных условиях, а при отсутствии на месторождении запасов категории  $A_2$  — по единичным определениям валовым способом;

в) способы обогащения и условия технологической переработки главных типов серных руд выявлены на типичных пробах в мере, обеспечивающей выбор схемы обработки;

г) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия и газоносность выяснены достаточно полно; ориентировочно определены притоки воды в горные выработки и интенсивность газовыделений;

д) для разрабатывающихся месторождений собраны сведения по сравнению данных эксплуатации с результатами ранее произведенной разведки.

К категории  $C_1$  относятся запасы при следующих условиях:

а) установлен тип месторождения, выявлены ориентировочные размеры, а также общие черты морфологии и условий залегания рудного тела;

б) качество серных руд установлено по керновым или бороздовым пробам, объемный вес принят по аналогии с рудами других месторождений;

в) технологические свойства серных руд определены по минералогическому и химическому составу и по аналогии с известными месторождениями или же на основе упрощенных испытаний;

г) общие гидрогеологические и горнотехнические условия изучены предварительно.

Выполнение указанных выше условий, необходимых для отнесения разведанных запасов к категории  $A_2$ , В и  $C_1$ , при разведке серных месторождений достигается проходкой разведочных выработок, расстояния между которыми определяются его размерами, сложностью строения, выдержанностью сероносных залежей и общей степенью его изученности. Обычно для эксплуатирующихся месторождений плотность разведочной сети требуется меньшая, так как многие параметры уже достаточно изучены в процессе эксплуатации, и проводимыми разведочными работами требуется лишь установить возможность распространения этих показателей на разведываемую площадь. Выделенные типы серных

месторождений в некоторой мере определяют плотность разведочной сети, которая для вновь открываемых месторождений инструкцией ГКЗ рекомендуется в следующем виде (табл. 92).

Плотность сети при разведке месторождений серы

Таблица 92

Тип месторождения	Расстояния между разведочными выработками, м		
	категория А <sub>2</sub>	категория В	категория С <sub>1</sub>
Ia	35—75	75—125	150—200
Iб	—	35—50	75—150
IIa	75—100	125—200	200—500
IIб	25—50	50—75	100—200

При выборе густоты разведочной сети рекомендуется производить сравнение изучаемого месторождения с другими известными месторождениями данного типа, надежность разведки которых подтверждается эксплуатационными работами. Нередко при разведке серных месторождений встречаются участки тектонически осложненные или с широким развитием карстовых явлений, изучение которых требует дополнительной проходки разведочных выработок, не укладываемых в принятую сеть. Получаемые в результате разведки материалы должны обеспечить построение геологическо-литологических разрезов на глубину подсчета запасов по всем разведочным линиям для категории А<sub>2</sub> и по основным разведочным линиям для запасов категории В. Запасы серных руд подсчитываются на топографической и маркшейдерской основе, масштаб которых зависит от размера и сложности строения месторождения и обычно находится в пределах от 1 : 500 до 1 : 2000; для крупных и протяженных месторождений допускается топографическая основа масштаба 1 : 5000.

На территории Советского Союза основное промышленное значение имеют месторождения серы осадочного происхождения. Ниже приводятся два примера разведки и классификации запасов месторождений данного генетического типа.

В качестве примера классификации запасов пластовых месторождений серы можно привести участок Алексеевка II Алексеевского месторождения в Куйбышевской области РСФСР (А. И. Отрешко).

Месторождение сложено породами конхиферового подъяруса верхней перми. Промышленное осернение приурочено к дубровинской известняково-доломитовой толще мощностью 6—11 м, в которой установлено два сероносных пласта: первый — в кровле, второй — в подошве этой толщи на 4—5 м ниже первого пласта (рис. 327). Второй сероносный пласт развит не повсеместно. Глубина залегания (близкого к горизонтальному) этих пластов в зависимости от рельефа колеблется от 22 до 75 м.

Сложены они битуминозными известняками, в которых сера распределена в виде отдельных чередующихся прослоев, гнезд и мелких вкрапленников. Средняя мощность первого пласта составляет 1,02 м при содержании серы 10,85%, средняя мощность второго пласта 1,01 м при содержании серы 6,09%. Осернение обнаружено также в залегающих ниже известково-доломитовых отложениях падовской толщи, однако изучено оно недостаточно и в настоящее время промышленного значения не имеет.

В полезной толще и над ней подземные воды не встречены. Обводнение горных выработок возможно только за счет поверхностных вод.

Выделения сероводорода или какого-либо другого газа как при разведке, так и при 20-летней эксплуатации месторождения не наблюдалось. Значительное развитие на месторождении получили карстовые явления. Установлено два типа карста — вертикальный и горизонтальный, обусловленные инфильтрацией атмосферных осадков и движением их внутри известняковой толщи.

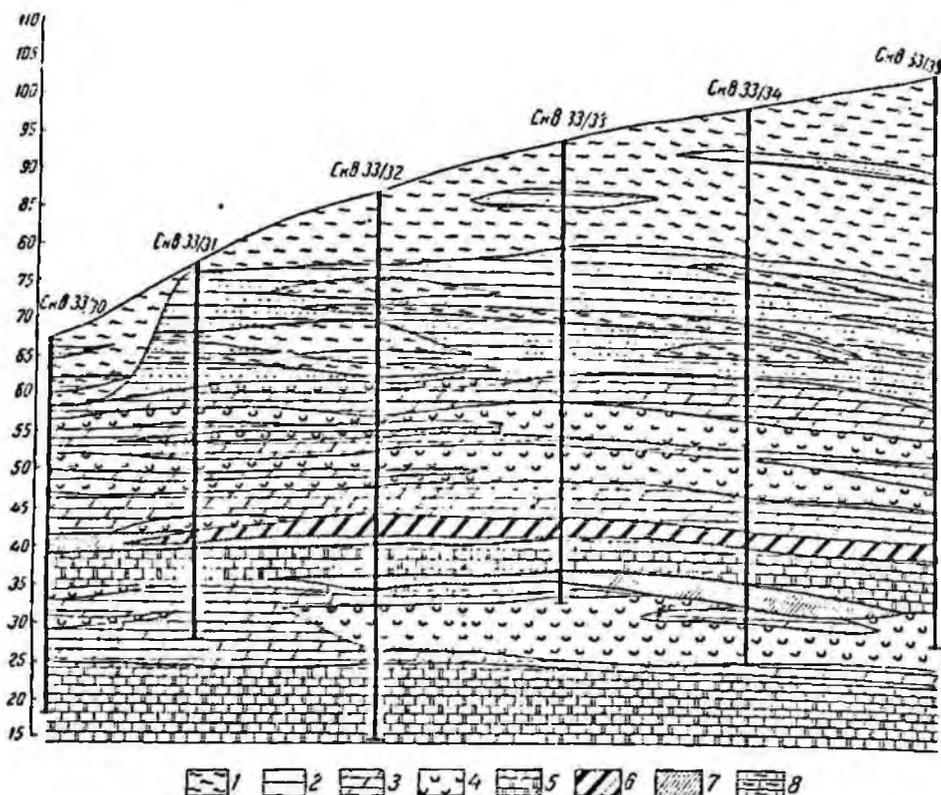


Рис. 327. Геологический разрез Алексеевского месторождения серы

1 — глина; 2 — песчаник; 3 — мергель; 4 — гипс; 5 — известняк доломитовый; 6 — промышленное осережение; 7 — непромышленное осережение; 8 — известняк глинистый

Участок разведан 80 скважинами колонкового бурения диаметром 89 мм, пройденными по 100 и 200-метровой сетке. Выход керна по рудной зоне высокий — 90—100% и лишь в единичных скважинах снижался до 75%. Пробы отбирались интервалами, размеры которых зависели от литологического состава вмещающих пород, характера распределения серы и ее содержания и колебались от 0,2 до 0,5 м. Минимальные интервалы опробования применялись на участках с резкими колебаниями содержания серы. С целью установления достоверности данных, полученных по скважинам диаметром 89 мм, было произведено сопоставление их с данными контрольной скважины большого диаметра (205 мм). При этом установлено, что расхождения в данных по мощности сероносного пласта незначительны и практического значения не имеют; в содержаниях серы выявлено занижение в разведочных скважинах. Это же занижение подтверждается и эксплуатацией месторождения — количество добытой серы превышает подсчитанные по разведочным данным на 14—30%. Несмотря на установленное занижение содержания серы при разведке месторождения скважинами нормального диаметра, поправочный коэффициент при подсчете запасов не вводился, так как приведен-

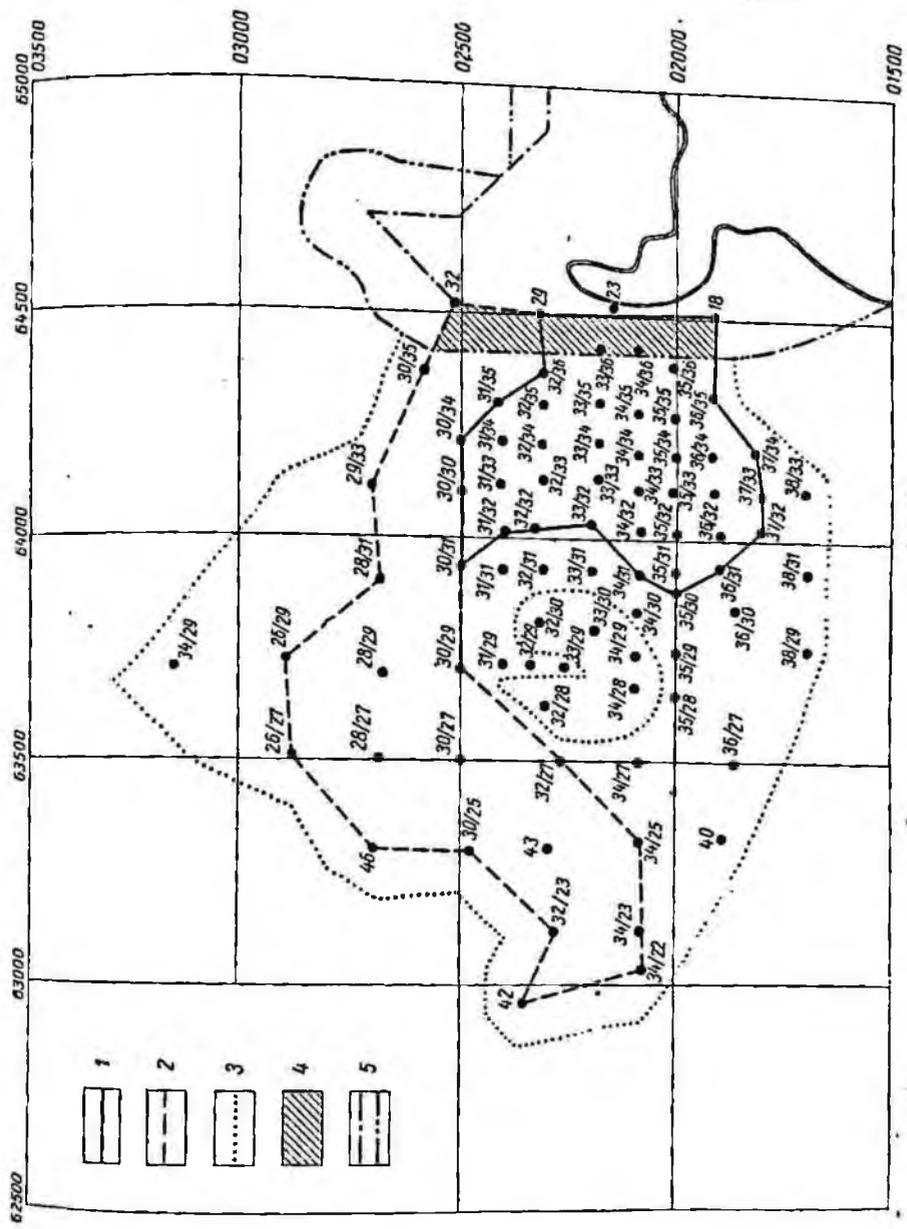
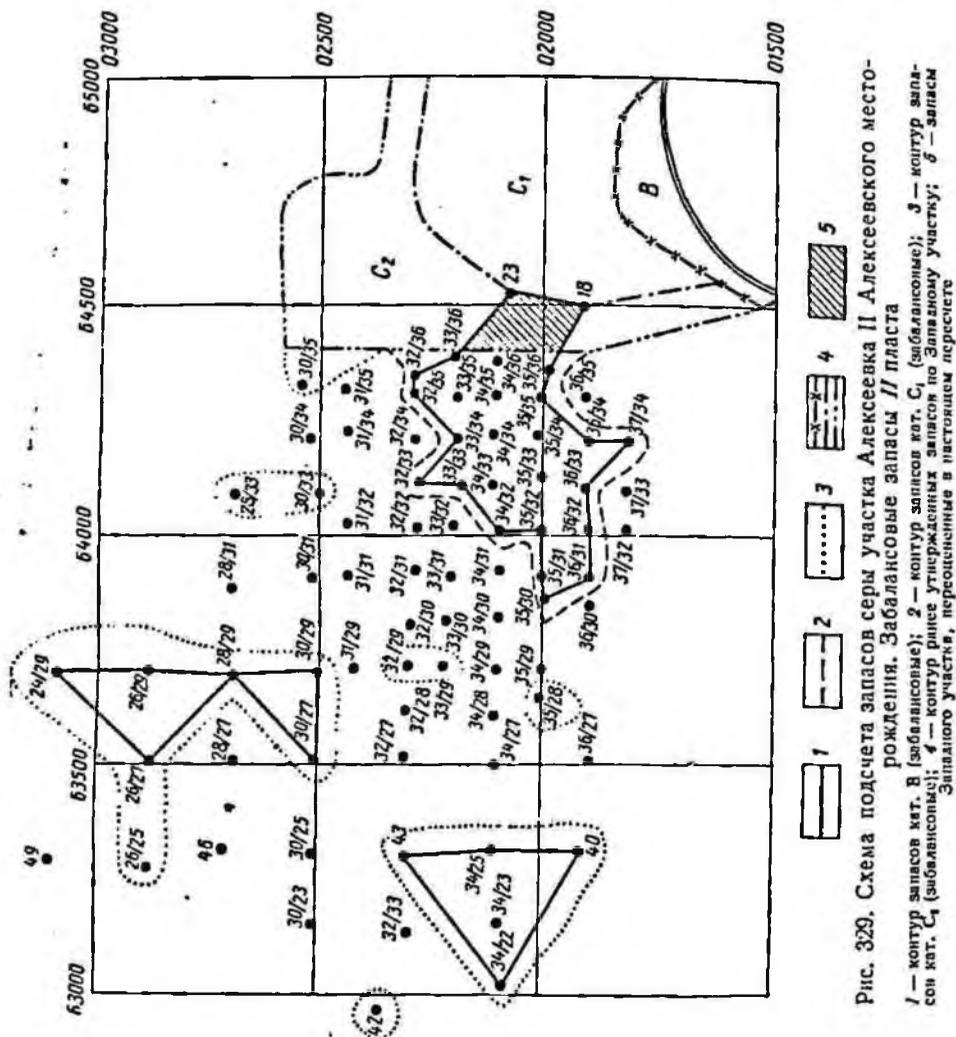


Рис. 328. Схема подсчета запасов  
серы участка Алексеевка II Алек-  
сеевского месторождения, I пласт

1 — контур запасов кат. А.; 2 — контур  
запасов кат. В; 3 — контур запасов  
кат. С; 4 — запасы Западного участка,  
пересеченные при пересчете; 5 —  
контур ранее утвержденных запасов по  
Западной участку

ных в отчете материалов недостаточно для установления его величины. По всем отобранным пробам было определено сульфидным методом содержание элементарной серы. Анализы на битум проведены по 86 пробам, а на  $SO_2$  — по 174 пробам. Полный химический анализ выполнен по 30 пробам. Из вредных примесей определялся только один селен; анализы на мышьяк необоснованно не проводились, так как на соседних участках отмечается наличие этого элемента в отдельных пробах до 0,1%, что значительно выше допустимых пределов.



Внешние контрольные анализы производились на 39 пробам, внутренний контроль осуществлен на 38 пробам. Объемный вес определен методом парафинирования 27 образцов, из них 19 — по первому пласту. Полученные значения близкие: для первого пласта 2,3, для второго 2,4. Приведенная в отчете качественная характеристика руд разведанного участка показывает близость состава их с рудами разрабатываемого участка, вследствие чего технология их переработки не изучалась.

Запасы подсчитаны методом геологических блоков в соответствии с кондициями Технического управления Министерства химической промышленности, согласно которым установлены минимальные средние содержания серы 6% при бортовом не менее 5%, и минимальная рабочая мощность 0,5 м. Запасы руд, не удовлетворяющих этим требованиям,

отнесены к забалансовым. Запасы категорий А<sub>2</sub> и В подсчитаны на планах масштаба 1 : 2000, 1 : 5000 — для категории С<sub>1</sub>. По категории А<sub>2</sub> квалифицированы запасы первого пласта, находящегося в контуре скважин, расстояние между которыми примерно равно 100 м, запасы, разведанные по 200-метровой сети, отнесены к категории В. Запасы в зоне экстраполяции отнесены к категории С<sub>1</sub> (рис. 328). Запасы второго пласта, вследствие низкого среднего содержания серы, отнесены целиком к забалансовым, хотя отдельные блоки дают промышленное содержание. Вызвано это тем, что разработка отдельных изолированных пятен подземным способом нерентабельна, что было доказано специальной опытной разработкой. Запасы второго сероносного пласта с более сложным характером строения квалифицированы по категориям В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> (рис. 329).

Условия классификации запасов месторождений серы линзовидной формы (подгруппа IIб) приведены на примере разведки участка № 4 месторождения Кызыл-Кыр Каракумского сероносного района.

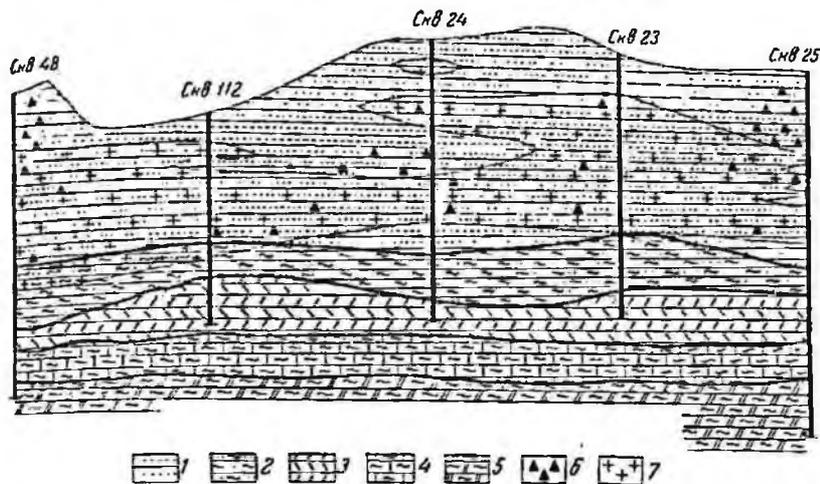


Рис. 330. Геологический разрез бугра № 4 серного месторождения Кызыл-Кыр Каракумской группы

1 — песчаник кварцевый; 2 — песчаник глинистый; 3 — песчаник трепеловидный; 4 — мергель; 5 — доломит глинистый; 6 — битуминозность; 7 — окисление

Рудное тело залегает среди песчаников заунгузской свиты плиоцена в виде линзы неправильной формы, длина которой достигает 370 м при наибольшей ширине в 170 м. Мощность зоны промышленной концентрации серы изменчива и колеблется от нуля в местах выклинивания рудного тела до 20 м в местах его раздува (рис. 330). Содержание серы изменяется от 7% на периферии залежи до 32% в центральной ее части. Максимальная глубина залегания рудного тела от поверхности достигает 28 м. Песчаники продуктивной свиты подстилаются карбонатно-глинистыми отложениями сарматского яруса миоцена, а перекрываются — четвертичными отложениями, мощность которых на большей части площади участка незначительная (0,5—1,5 м). Полезная толща в пределах разведанного участка не обводнена. В условиях Каракумов большое значение имеют вопросы питьевого и технического водоснабжения. Встреченные в районе месторождения два водоносных горизонта, приуроченных к песчаникам альбского яруса и четвертичным пескам, изучены недостаточно.

Месторождение разведано буровыми скважинами и шурфами, пройденными вкрест простиранья рудного тела по разведочным линиям,

отстоящим на расстоянии 25—50 м друг от друга. Расстояния между выработками на профилях составляют 50 м в центральной части залежи и 25 м — на ее периферии. Всего при разведке пройдено 56 скважин и 12 шурфов, из которых 7 контролировали данные скважин. Все разведочные выработки проходились до подстилающих рудное тело пород. Средний выход керна составлял по рудному телу 75,7%, а по вмещающим породам — 69,1%.

Опробование произведено в скважинах по керну, а в шурфах — по стенке бороздой сечением 10 × 5 см и валовое. Пробы отбирались интервалами, размеры которых зависели от литологического состава пород, характера распределения и содержания серы и колебались от 0,4 до 1,4 м. Минимальные интервалы опробования применялись в приконтактных частях залежи и на участках с резким изменением содержания серы. Для установления достоверности опробования бороздой 10 × 5 см проведено контрольное опробование бороздой сечением 20 × 10 см. Кроме того, было проведено сопоставление результатов опробования скважин и контрольных шурфов, установившее систематическое занижение содержания в керновых пробах (рис. 331). Однако поправочный коэффициент вследствие недостаточной обоснованности его величины из-за небольшого количества шурфов и возможности завышения содержания серы в бороздовых пробах при подсчете запасов не вводился. Опробование произведено также по стенкам карьера бороздой на вскрытую мощность рудного тела. Расстояния между линиями опробования в начале работ были приняты 10 м, а затем увеличены до 22 м, что позволило сократить объем опробовательских работ без ущерба для точности определения качества руд. Всего отобрано 720 керновых и 540 бороздовых проб, по которым в химической лаборатории треста Средазгеохимразведка сульфидным методом выполнены 1257 рядовых определений элементарной серы и 14 полных химических анализов. По 44 пробам произведен внутренний и по 74 — внешний контроль, подтвердивший достаточно хорошее качество основных анализов. По содержанию серы руды разделяются на бедные, в которых сера содержится в пределах 6—12%, средние — при содержании серы 12—25% и богатые — при содержании выше 25%. Опыт использования бедных руд отвалов и технологические исследования серных руд показывают, что серные руды месторождений Каракумской группы возможно перерабатывать только методом флотации с последующей автоклавной плавкой концентрата. Из-

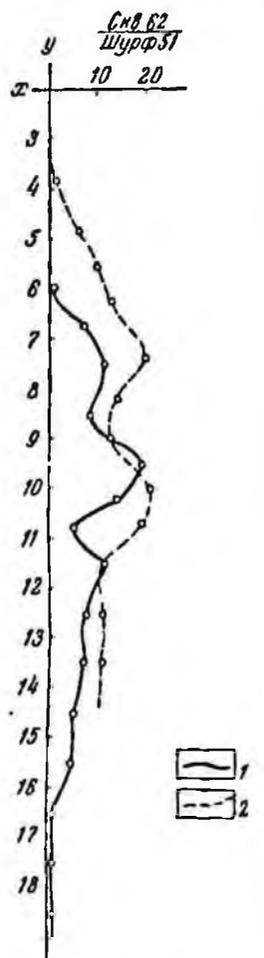


Рис. 331. Сопоставление данных опробования по скважине и шурфу. Серное месторождение Кызыл-Кып

1 — кривая содержания серы по скважине; 2 — кривая содержания серы по шурфу

влечение серы при флотации довольно высокое и составляет 80—92% при содержании серы в концентрате 50—55% и в хвостах до 2—3%.

Объемный вес определялся на пяти отобранных по типам руд (песчаниковые, песчано-алевритовые и алеврито-глинисто-гипсовые) валовых пробах и 25 образцах. Среднее его значение принято 1,82 при естественной влажности около 3,4%.

Запасы руд подсчитаны методом вертикальных параллельных сечений с учетом горнотехнических условий и кондиций к качеству, предусматривающих минимальное бортовое содержание серы в руде 6%, а в блоке — 8%, минимальную промышленную мощность 1 м; прослои пустых пород более 0,5 м должны быть исключены из подсчета; максимально допустимое соотношение мощностей вскрыши и рудного тела 5:1. Запасы

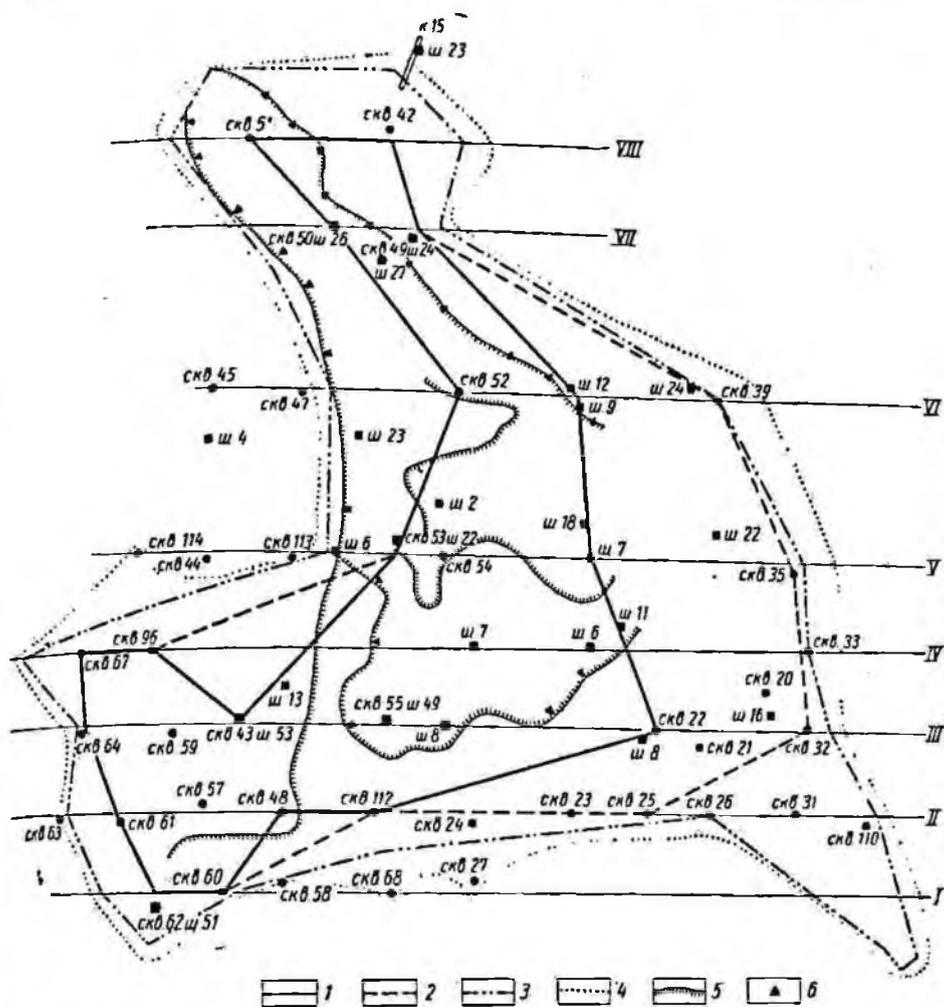


Рис. 332. Схема подсчета запасов серы по бугру № 4 Кызыл-Кыр Кара-кумской группы месторождений

1 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов кат. В; 3 — контур запасов кат. С<sub>1</sub>; 4 — контур забалансовых запасов; 5 — бровка карьера; 6 — места отбора проб в карьере

в блоках, не отвечающих горнотехническим условиям по вскрыше, подсчитаны как забалансовые. К категории А<sub>2</sub> отнесены запасы, оконтуренные скважинами с выходом керна не менее 75% и расстояниями между выработками не более 50 м. К категории В отнесены запасы в контуре выработок с расстояниями между ними более 50 м друг от друга, но пройденных на расстояниях менее 50 м. К категории С<sub>1</sub> отнесены запасы, имеющие выход керна от 75 до 60%. К категории С<sub>1</sub> отнесены запасы, оконтуренные по скважинам с выходом керна менее 60%, а также запасы, подсчитанные в зоне экстраполяции (рис. 332).

Месторождения минеральных солей. Месторождения минеральных солей находятся в различных геологических условиях и имеют различный возраст — от кембрия до наших дней. Условия классификации запасов минеральных солей разработаны и изложены в двух инструкциях ГКЗ — А. А. Ивановым применительно к месторождениям калийных и каменной солей и А. И. Дзенс-Литовским — для озерных месторождений соли.

Условия классификации запасов месторождений ископаемых солей. Месторождения ископаемых солей по своему минералогическому и химическому составу являются, как правило, комплексными. Залежи калийных солей всегда сопровождаются отложениями каменной соли. Месторождения каменной соли, более распространенные, сопровождаются, как и месторождения калийных солей, залежами ангидрита, гипса и других пород. Таким образом, разведка месторождений ископаемых солей может проводиться с целью одновременного выявления нескольких видов сырья: калийных и магниевых солей, брома, каменной соли, гипса, ангидрита, боратов и др. По инструкции ГКЗ выделяют пять типов соляных залежей.

I тип — пластовые залежи; к ним относятся соляные залежи, имеющие распространение по простиранию нередко на десятки километров, сохраняющие сравнительно постоянную мощность и разрез (Славяно-Артемовское месторождение каменной соли на Украине и Шумковское — на Урале).

II тип — пластово-линзообразные залежи, по морфологии близкие к пластовым, но отличающиеся меньшими размерами по протяженности и мощности. Залежи этого типа характеризуются непостоянством состава и качества (месторождения калийных солей в Восточном Прикарпатье).

III тип — линзообразные залежи ограниченного распространения по площади и резким выклиниванием в краевых частях, характеризующиеся значительной мощностью; часто осложнены тектоникой (залежи каменной соли Ишимбаевского района в Башкирии).

IV тип — куполо- и штокообразные залежи, обычно возникающие тектоническим путем из первоначальных пластовых и пластообразных залежей; имеют сложное строение и большое распространение на глубину. На территории СССР соляные купола и структуры наиболее широко распространены в Волго-Урало-Эмбенском районе, Закарпатье, Сумской и Полтавской областях, Якутии и др.

V тип — гнездообразные залежи, обычно имеющие небольшие размеры и практически не представляющие интереса.

Требования к методике разведки и изучению месторождений ископаемых солей обуславливаются рядом особенностей, из которых наиболее важными являются:

а) большая глубина залегания соляных толщ (от десятков до сотен метров);

б) значительная или весьма значительная мощность соляных залежей и соленосных толщ (десятки и сотни метров) при широком распространении их в плане (от десятков до сотен и тысяч квадратных километров);

в) большая и часто легкая растворимость в пресной воде большинства соляных пород;

г) отсутствие, в большинстве случаев; водоносных горизонтов внутри соляной или соленосной толщи и наличие их во вмещающих породах.

Перечисленные особенности определяют основные принципы разведки месторождений ископаемых солей, несколько отличные от методики разведки других твердых полезных ископаемых.

При разведке соляных месторождений особую важность приобретает обычное условие геологической разведки — достижение максимального эффекта при минимальном объеме разведочных работ. Это обусловливается тем, что каждая скважина может быть проводником вод из водоносных горизонтов, находящихся во вмещающих породах, поэтому при эксплуатации месторождения вокруг каждой скважины оставляется предохранительный целик с поперечным размером от 20 до 100 м, определяемый конкретными геологическими и гидрогеологическими условиями месторождения. Исходя из сказанного, при разведке месторождений ископаемых солей главное внимание уделяется наиболее целесообразному размещению буровых скважин, чему в значительной степени могут способствовать геофизические работы. Каждая скважина, вскрывшая соляную залежь, по окончании бурения должна быть затопонирована. Для ориентировки в расположении предохранительных целиков вокруг скважин необходимо через интервалы 20—50 м производить замеры углов искривления скважин как зенитных, так и азимутальных.

Для надежной характеристики разреза залежи каменной соли и сильвинита, а также сульфатных калийных пород предусматривается выход керн не менее 85—90%, при бурении в карналлитовой породе — не менее 75—80%. Получение высокого выхода керна достигается применением в качестве промывной жидкости насыщенного соляного раствора. Отбор проб от керна скважин также имеет свои особенности. Чаще всего применяют метод высверливания по оси керна отверстия в 8—10—15 мм с сборанием получаемого порошка в пробу. Основное достоинство этого метода заключается в том, что в пробу отбирается материал от незатронутой выщелачиванием породы. Однако, если порода недостаточно плотная, в пробу может попадать материал от ее раскрашивания, что является недопустимым. В этом случае керн следует опробовать обычным методом — делением керна пополам путем раскалывания.

Опробование горных выработок чаще всего производится бороздой, сечение которой определяется опытным путем и на разных рудниках колеблется от  $4 \times 2$  до  $10 \times 5$  см. Длина проб устанавливается в зависимости от мощности опробуемых слоев и степени однородности их петрографического и химического состава и чаще всего колеблется от 0,5 до 5 м. Пробы подвергаются химическим анализам; результаты анализов даются в ионном выражении и в пересчете на возможный солевой состав, на основе которого вычисляется минералогический состав, контролируемый минералого-петрографическими исследованиями материала проб. Химические анализы должны быть проконтролированы. Контрольные анализы выполняют в другой лаборатории на дубликатах проб, количество которых должно составлять 5—10% от общего количества анализов, но не менее 20.

Технологические пробы отбираются валовым методом для вновь разведываемых месторождений калийных солей, представленных рудами, переработка которых еще не освоена промышленностью.

Объемный вес соляных пород может быть определен по 10—20 образцам для каждой разновидности породы или путем выемки целиков. При лабораторных определениях, ввиду растворимости солей, вместо воды применяют керосин.

Соляные залежи обычно не обводнены, поэтому изучают гидрогеологические условия вмещающих пород. Устанавливают количество водоносных горизонтов, глубину залегания и мощность водоносных пород, их литологический состав, выдержанность и распространение. Определяют гидростатические уровни каждого водоносного горизонта, фильтрационные свойства основных водоносных горизонтов, степень обводненности отдельных участков месторождения, гидрогеологические усло-

вия контактовой зоны. Кроме того, изучаются источники питьевого и технического водоснабжения.

Запасы природных (сырых) солей подсчитывают в весовых единицах; запасы калийных солей, — кроме того, и в пересчете на окись калия, а запасы карналлитового сырья — в пересчете на окись калия и  $MgCl_2$ .

При выполнении общих требований, изложенных выше, запасы ископаемых солей могут быть отнесены к категории  $A_1$  при соблюдении следующих условий:

а) запасы оконтурены с четырех или трех сторон горными выработками, расстояния между которыми соответствуют системе разработки месторождения; в сложных месторождениях, кроме того, внутри блоков проходятся дополнительные скважины;

б) горные выработки и керны скважин опробованы и подвергнуты химическим и минералогическим анализам; расстояния между бороздами при опробовании горных выработок не превышают 25—50 м в зависимости от типа месторождения;

в) горные выработки задокументированы с составлением зарисовок в масштабе от 1:25 до 1:50; документация увязана с результатами химического опробования; по данным разведочных выработок составлены сводные геологические разрезы;

г) условия залегания промышленных пластов, распределение в них полезных и вредных компонентов, их вещественный состав и т. д. иллюстрированы соответствующими пластовыми картами, разрезами, диаграммами;

д) запасы подсчитаны по типам руд, а внутри их — по качеству на планах и разрезах масштаба 1:500 — 1:1000;

е) общая изученность геологических, гидрогеологических и тектонических условий соответствует требованиям к запасам категории  $A_2$ .

Детали тектонического строения, качество и фациальные изменения промышленных слоев и пластов, типы руд, минералогический и химический составы, условия технологической переработки, обогащения и возможности комплексного использования сырья, объемные веса руд и горнотехнические условия разработки месторождения вполне выяснены на основе эксплуатационных работ.

По категории  $A_2$  запасы могут быть классифицированы при соблюдении следующих, кроме общих, условий:

а) структура месторождения, его литологический разрез и условия залегания как соляной толщи, так и вмещающих пород выяснены с достаточной полнотой. Литолого-стратиграфические разрезы скважин увязаны между собой и установлены условия залегания полезных пластов в соляной толще;

б) геолого-литологические разрезы месторождения с контурами запасов по разным сечениям составлены на всю вскрытую скважинами мощность залежи и на всю глубину подсчета в масштабе от 1:500 до 1:5000 в зависимости от размеров и строения залежи. Для месторождения или отдельных его частей составлена геологическая карта, масштаб которой в зависимости от типа месторождения выбирается от 1:2000 до 1:25 000;

в) на основе петрографического изучения и химического опробования установлены разновидности соляных пород по вещественному составу и качеству, выделены промышленные пласты и слои;

г) для месторождений, сложенных калийными солями, отличающихся по составу от солей, освоенных промышленностью, произведены технологические испытания в объеме, достаточном для проектирования схем переработки и технологии использования солей; установлена возможность комплексного использования солей;

д) гидрогеологические условия месторождения изучены с полнотой, необходимой для разработки мероприятий по борьбе с водой и расколами при проходке горноэксплуатационных выработок; горнотехнические условия месторождения изучены; произведены физико-механические испытания пород;

е) запасы подсчитаны по типам руд; при разведке бурением такой подсчет производится в контуре опробованных скважин с расстояниями между ними, обеспечивающими надежную характеристику месторождения, в соответствии с пунктами «а» и «б» настоящих условий. Инструкцией ГКЗ рекомендуются следующие расстояния между выработками: для I типа 600—800 м, для месторождений остальных типов от 400—500 м до 200—250 м. При разведке горными выработками расстояния между ними должны соответствовать системе разработки данного месторождения;

ж) объемные веса определены для различных типов соленосных пород;

з) запасы подсчитаны на топографической основе масштаба 1:1000—1:5000 в зависимости от размеров и сложности месторождения; для крупных месторождений допускается подсчет запасов на основе масштаба 1:10 000.

Для отнесения запасов к категории В, кроме изложенных выше общих требований, необходимо соблюдение следующих условий:

а) структура месторождения и его стратиграфический разрез изучены предварительно; литолого-стратиграфические разрезы скважин увязаны между собой по основным горизонтам; установлен общий характер условий залегания полезных пластов в соляной толще;

б), для месторождений калийных солей, отличающихся по составу от солей, освоенных промышленностью, произведены технологические испытания в объеме, обеспечивающем выбор схемы их переработки; предусмотрена возможность комплексного использования калийных солей;

в) общие гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения выяснены достаточно полно;

г) запасы подсчитаны в контуре опробованных скважин, расстояния между которыми обеспечивают выполнение пункта «а» настоящих условий. По инструкции ГКЗ оптимальные расстояния между выработками для крупных месторождений калийных солей I и II типа с выдерживающимися разрезами залежи и спокойной тектоникой допускаются до 800—1000 м, для мелких месторождений калийных солей III—IV типа, а также для месторождений, осложненных тектоникой или обладающих неустойчивыми разрезами, эти расстояния ориентировочно установлены в 400—500 м. В месторождениях каменной соли расстояния между скважинами для месторождений I и II групп рекомендуются 800—1200 м, а для месторождений III и IV групп — 600—800 м. Кроме того, к категории В могут быть отнесены запасы в полосе геологически обоснованной экстраполяции от контуров запасов категории А<sub>2</sub>.

Необходимыми условиями для отнесения запасов ископаемых солей к категории С<sub>1</sub>, помимо общих, являются:

а) изученность в общих чертах геологического строения месторождения, установленность общих контуров полезной толщи без оконтуривания отдельных пластов и пачек;

б) предварительная изученность общих условий разработки, а также общих гидрогеологических условий;

в) предварительное определение качества, природных типов, промышленных сортов и технологии их переработки на основании анализов или лабораторных испытаний проб, или по аналогии с изученными месторождениями;

г) запасы категории  $C_1$  подсчитываются по данным отдельных скважин, расположенных по редкой сети или в зоне экстраполяции от контуров запасов более высоких категорий;

д) запасы подсчитываются на топографической основе масштаба 1:10 000—1:25 000 в зависимости от размеров месторождения.

К категории  $C_2$  относятся запасы, предполагаемые по геологическим и геофизическим данным, подтвержденные опробованием солей в отдельных сечениях, а также запасы, экстраполированные от контура запасов более высоких категорий. Подсчет запасов категории  $C_2$  производится без разделения сырья на типы и по качеству, на топографической основе любого масштаба, допускающего геометризацию запасов.

Условия классификации запасов озерных месторождений солей. Месторождения солей озерного происхождения имеют ряд своих особенностей, определяющих в значительной мере методику их разведки и изучения. Эти особенности, сформулированные А. А. Ивановым, заключаются в следующем:

а) соляные тела при обычно линзообразной их форме залегают горизонтально или почти горизонтально;

б) соляные залежи располагаются, как правило, на небольшой глубине; часто их кровля находится непосредственно на поверхности земли;

в) мощность залежей при разнообразном их распространении в плане небольшая;

г) соляная залежь с межкристальной рапой внутри ее располагается в ряде случаев под слоем рапы;

д) довольно часто в залежах имеются карстовые и другие полости, заполненные рапой или илом.

Специфической особенностью месторождений озерных солей является непостоянство соляной залежи, выражающееся в изменении ее объема, состава рапы и донных отложений, вследствие периодических изменений гидрохимического режима озера.

Группировка месторождений озерных солей, принятая в инструкции ГКЗ, обусловлена главным образом характером распределения солей в озере.

В I группу включены озерные месторождения, содержащие соли главным образом в жидкой фазе — поверхностной рапе.

Во II группу включены месторождения, содержащие соли в жидкой и твердой фазе — поверхностной и межкристальной рапе, а также донных отложениях. Группа разделяется по сложности строения озера на две подгруппы. В подгруппу IIа включены месторождения, донные отложения в которых представлены пластами или крупными линзами, выдержанными по мощности, строению и качественным показателям. В подгруппу IIб отнесены месторождения, характеризующиеся неоднородностью состава солей, значительным колебанием мощности твердых соляных отложений и развитием карста. К этой же подгруппе отнесены погребенные или «подпесочные» озера.

Методика разведки озерных месторождений в значительной мере обуславливается наличием соли как в твердой, так и в жидкой фазе, причем соотношение солей в каждой фазе подчинено периодическим изменениям как в годовом, так и в многолетнем циклах. В связи с этим детальная разведка отдельных участков месторождения, проводимая в различные периоды, не дает правильного представления о распределении солей в жидкой и твердой фазе по всему озеру в целом; поэтому периодически разведку всего месторождения целесообразно проводить по редкой сетке для уточнения баланса солей в озере в целом. Методика разведки донных отложений, несмотря на имеющиеся специфические особенности, принципиально не отличается от разведки твердых полез-

ных ископаемых, залегающих вблизи дневной поверхности, и вследствие этого здесь не приводится. Следует лишь отметить, что принятые в инструкции ГКЗ ориентировочные расстояния между разведочными выработками установлены такие же, как расстояния между точками промера рапы, и в зависимости от группы месторождения, а также категорий запасов изменяются согласно табл. 93.

Таблица 93  
Плотность сети при разведке озерных месторождений солей

Группа месторождений	Расстояния между точками промера глубины рапы и между разведочными выработками, м		
	категория А <sub>2</sub>	категория В	категория С <sub>1</sub>
I	100—150	200—500	1000—2000
IIa	100—150	200—500	500—1000
IIб	50—100	150—200	250—350

При этом нужно учитывать, что минимальное количество наблюдений не должно быть менее 20—30 для категории А<sub>2</sub> и В и не менее 15—20 для категории С<sub>1</sub>.

Особенности методики разведки озерных месторождений, где соль находится в жидкой фазе, заключаются в следующем. В связи с возможными колебаниями уровня рапы в озере и явлениями стога и нагона под влиянием ветра промеры для определения мощности слоя рапы производятся, по возможности, одновременно на всей площади озера. Одновременно с промерами глубины от поверхностной рапы отбираются пробы. В озерах с мощностью слоя рапы более 1 м пробы рапы отбираются стех горизонтов: у поверхности, на середине слоя и у дна. В озерах глубиной до 1 м пробы отбираются с поверхности и у дна.

Отбор проб межкристальной рапы производится после окончания бурения скважин; производится или отбор проб с определенных интервалов по мощности, или откачка рапы всего горизонта в целом, при этом необходимо исключить возможность проникновения поверхностной рапы. Учитывая гигроскопичность солей, пробы как солей, так и рассолов хранятся обязательно в стеклянной посуде, которая тщательно закрывается. Большие по объему пробы тщательно упаковываются в парафинируются. Задержки в направлении проб в лабораторию не допускаются. Обязательным условием при разведке озерных месторождений I группы является изучение колебаний уровня рапы, ее плотности, химического состава и температуры. При разведке небольших (от 10 до 50 км<sup>2</sup>) озерных месторождений данные этих изменений следует приводить в годовом цикле. Длительные режимные наблюдения для изучения гидрогеологических, гидрологических и гидрохимических условий озер I группы (в течение 2—3 лет) приводятся только на самых крупных озерных рапных месторождениях.

Для изучения горизонта межкристальной рапы необходимо определять пористость монолитной соли, в которой заключена межкристальная рапа. Во всех случаях одновременно с разведкой озера, а также при эксплуатации производятся непрерывные наблюдения за гидрологическим режимом озера и сбор климатологических данных для прогноза устойчивости подсчитанных запасов по сезонам и на срок эксплуатации.

Разведка озерных соляных месторождений должна производиться комплексно (одновременно с разведкой солей в твердой фазе должны изучаться и определяться количество, а также качество солей в поверхностной и межкристальной рапе). Кроме того, необходимо изучать

встречающиеся в соляных озерах гипс и глины как строительные материалы.

Запасы солей озерных месторождений могут быть отнесены к категории А, при соблюдении следующих условий:

а) условия залегания, форма соляной залежи, количество полезного ископаемого изучены в процессе эксплуатационных работ;

б) опробование произведено сплошное по всей мощности разрабатываемой толщи с таким разделением на секции, которое необходимо для планирования качества добываемого сырья; расстояние между пунктами отбора проб должно обеспечить надежное определение состава соленосной толщи и по инструкции ГКЗ не должно превышать 50 м;

в) технология переработки солей полностью изучена и проверена на опытно-промышленной установке в условиях нормальной работы эксплуатационного предприятия;

г) запасы подсчитаны в объеме, прилегающем к разработкам, и ограничены с одной стороны опробованным забоем, с другой — линией опробованных выработок, пройденных на расстояниях друг от друга, обеспечивающих выполнение пункта «а» настоящих условий (обычно половина расстояния, принятого для категории А<sub>2</sub>);

д) запасы геометризованы на планах и разрезах в масштабе обычно 1 : 500 и 1 : 1000.

К категории А<sub>2</sub> запасы могут быть отнесены при соблюдении следующих условий:

а) форма и условия залегания залежи соли, положение в ней литологически и качественно различных слоев, характер распределения некондиционных прослоев и включений, а также горнотехнические условия разработки изучены со степенью, достаточной для составления технического проекта и ведения эксплуатационных работ;

б) качественная характеристика полезного ископаемого изучена по отдельным слоям, составляющим полезную толщину, в соответствии с требованиями промышленности; технологическая характеристика полезного ископаемого выяснена с детальностью, обеспечивающей проектирование схем переработки и технологии использования солей;

в) гидрогеологические и гидрологические условия озерного месторождения соли изучены; охарактеризована роль и значение питания озера подземными и поверхностными водами, имеются данные многолетних наблюдений для прогноза устойчивости запасов на срок эксплуатации; для закарстованных донных отложений установлена степень закарстованности в процентах, характер карста и состав илового материала, заполняющего карсты;

г) запасы подсчитаны в контуре выработок, расстояния между которыми обеспечивают выполнение настоящих условий; при подсчете выделяются запасы разновидностей солей, которые можно и практически целесообразно получить при эксплуатации.

Для отнесения запасов к категории В, кроме общих, должны быть соблюдены следующие условия:

а) установлена форма тела полезного ископаемого, условия его залегания и общий разрез полезной толщи с выделением литологически и качественно различных слоев; выяснен характер распределения некондиционных прослоев; горнотехнические условия разработки изучены со степенью, достаточной для составления проектного задания на разработку месторождения;

б) качество и технологическая характеристика полезного ископаемого установлены на типичных пробах в лабораторных условиях;

в) гидрогеологический и гидрологический режим озера изучен; охарактеризованы роль и значение в питании озера подземных и поверхностных вод; для закарстованных донных отложений установлена сте-

пень закарстованности в процентах, определен характер карста и состав  
полезного материала, заполняющего карст.

К категории  $C_1$  запасы могут быть отнесены при выполнении  
следующих условий:

- а) форма тела полезного ископаемого и условия его залегания  
установлены ориентировочно;
- б) качество полезного ископаемого изучено в степени, необходимой  
для выяснения областей его применения;
- в) гидрогеологические условия установлены предположительно на  
основании общих данных по гидрогеологии района;
- г) запасы охонтурены и подсчитаны по единым буровым скважи-  
нам или в зоне геологически обоснованной экстраполяции от контура  
запасов более высоких категорий.

К категории  $C_2$  запасы могут быть отнесены, если установлено  
общее геологическое строение месторождения и проведены испытания  
единичных проб. Площадь распространения и мощность полезной толщи  
могут быть установлены ориентировочно на основании геологических  
данных и хотя бы редких выработок или обнажений.

В качестве примера приводятся условия классификации запасов  
калийных солей участка Сивка-Калушская Калуш-Голынского место-  
рождения (И. А. Квальвасер).

Участок Сивка-Калушская находится в центральной части Калуш-  
Голынского месторождения на юго-западном крыле Калушской анти-  
клинали. В геологическом строении участка принимают участие породы  
аллохтонного комплекса миоцена, слагающие калушскую, калиеносную  
и голыньскую свиты. Калиеносная свита представляет собой галопелито-  
вую брекчию, состоящую из глинистого материала, сцементированную  
галитом. Мощность ее составляет около 200 м. Подстилающими поро-  
дами являются ангидриты, кровлей — пачка соленосных глин мощностью  
около 20 м. Калиеносная свита содержит в себе семь пластов кнанита,  
четыре пласта сильвинита и один пласт карналлита. Мощности пластов  
колеблются от 0,5 до 31,0 м (рис. 333). В пределах участка развит водо-  
носный горизонт, приуроченный к гравийно-песчаным отложениям чет-  
вертичного возраста. Пласты соли в большинстве случаев перекрыты  
пластами водоупорных глинистых пород третичного возраста. Гидрогео-  
логические работы на разведываемом участке не производились, так как  
он находится в условиях, аналогичных участку Голынь, гидрогеологи-  
ческие условия которого изучены. Для устранения возможности проник-  
новения подземных вод в выработки на участках, где пласты калийных  
солей непосредственно соприкасаются с водоносным гравийно-песчаным  
слоем, рекомендуется оставление предохранительного целика мощностью  
до 30 м. Геологоразведочные работы на участке производились  
в несколько этапов. В период с 1927 по 1939 г. было пробурено 17 сква-  
жин, а в период с 1951 по 1953 г. — 6 скважин. Две скважины были  
пробурены с целью контроля и подтвердили достоверность разреза,  
установленного старыми работами. Вследствие многоэтапности разведки  
месторождения, расстояния между разведочными выработками колеба-  
лись в широких пределах — от 230 до 575 м, составляя в среднем  
350—370 м. Выход керна по скважинам в большинстве случаев достигал  
95—100%. Из всех скважин отобраны пробы соли. Химические анализы  
произведены по 493 пробам, причем полному анализу подверглись  
372 пробы. Проконтролировано 8,3% проб внешним контролем. Оценка  
качества разведанного сырья производилась в соответствии с конди-  
циями, которыми предусмотрено минимальное среднее содержание  $K_2O$   
по блоку 12% для сильвинитовых руд и 9% для смешанных, при бор-  
товом содержании 9% для сильвинитовых и 7% для смешанных. Хими-  
ческими анализами и минералого-петрографическими исследованиями

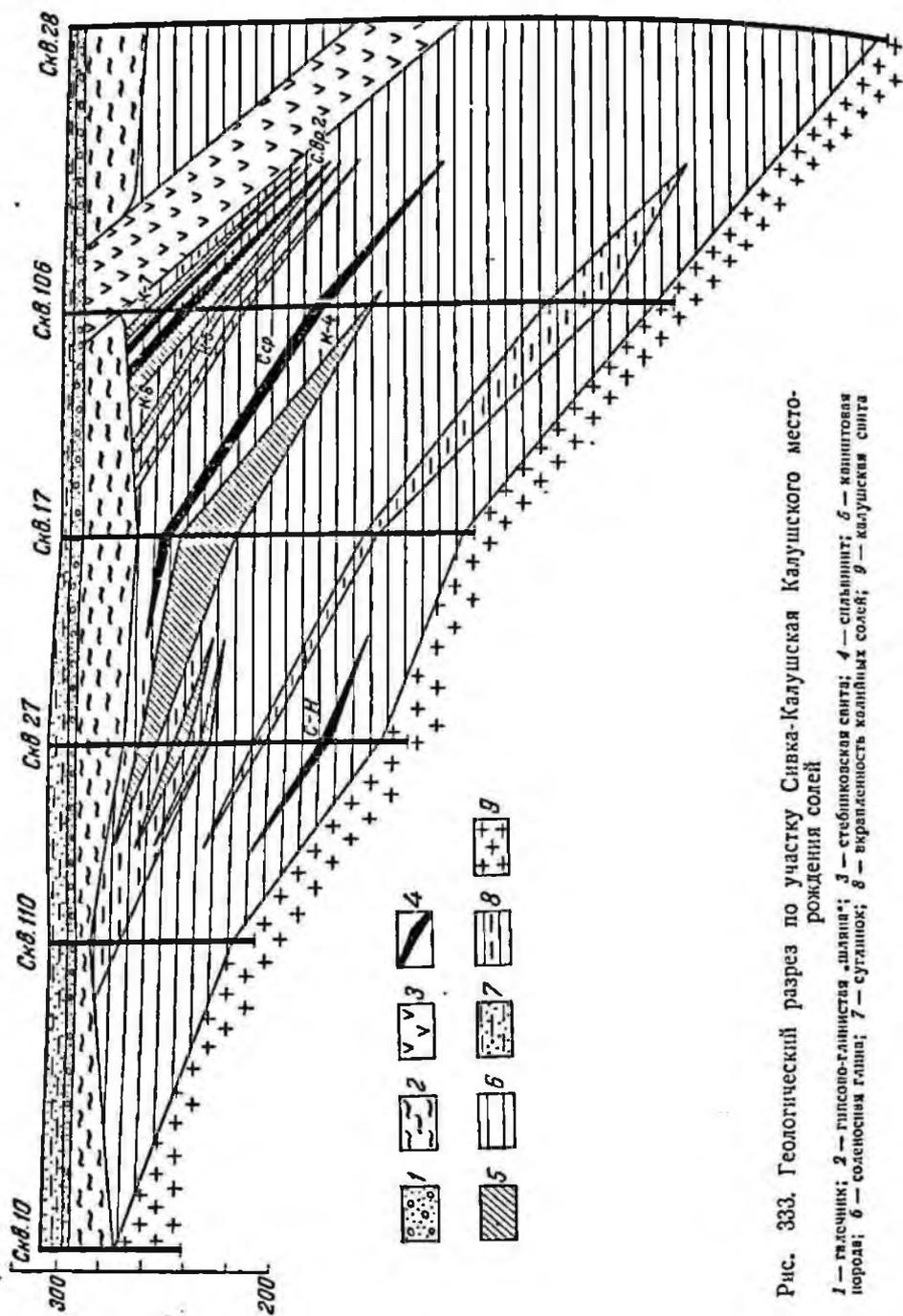


Рис. 333. Геологический разрез по участку Сивка-Калушская Калушского месторождения солей

1 — галечник; 2 — гипсово-глинистая шпальца; 3 — стебликовская свита; 4 — силльинит; 5 — конинговая порода; 6 — соленосная глина; 7 — сульфок; 8 — выработка калийных солей; 9 — калушская свита

было установлено, что основное количество руд относится к сернокислым и сернокисло-хлористым солям. Сильвинитовые руды представлены в меньшем количестве. Из всех двенадцати пластов кондициям не удовлетворяет только один пласт «Карналлит». Подсчет запасов произведен раздельно по каждому пласту. Запасы подсчитаны в соответствии с указанными выше кондициями, которыми предусмотрена также минимальная промышленная мощность пласта 1,5 м. Запасы соли пласта «Карналлит», не удовлетворяющие кондициям по качеству, отнесены

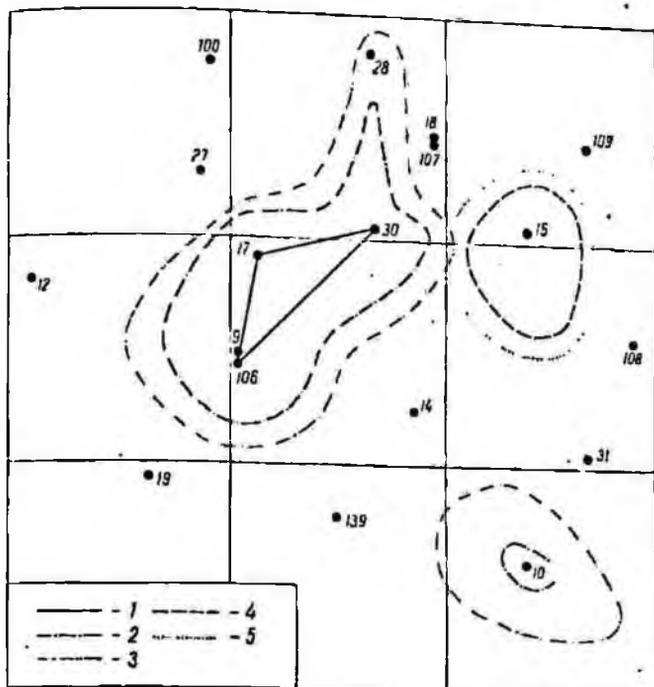


Рис. 334. Схема подсчета запасов калийных солей пластов «Сильвин средний» и «Карналлит» на участке Сивка-Калушская Калушского месторождения

1 — контур подсчета запасов по кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур подсчета запасов по кат. С<sub>1</sub>; 3 — нулевой контур пласта «Сильвин средний»; 4 — контур подсчета запасов по кат. С<sub>1</sub> в охранных целиках; 5 — нулевой контур пласта «Карналлит»

к забалансовым. Кроме того, подсчитаны запасы соли в охранных целиках. Классификация запасов произведена в зависимости от расстояний между скважинами (рис. 334, 335) в соответствии с инструкцией ГКЗ.

В качестве примера разведки и подсчета запасов озерных месторождений солей можно привести описание разведки месторождения поваренной соли озера Бурлинское (С. Т. Чулков).

Озеро расположено в Кулундинской степи и приурочено к бессточной котловине с крутыми берегами высотой до 3 м. Залежь соли представлена пластом каратуза (корневая залежь) мощностью от 0,30 до 1,69 м и пластом рыхлой соли новосадки и старосадки мощностью до 0,48 м, который на значительной части площади отсутствует. Пластовая соль покрывается слоем рапы с мощностью, меняющейся по площади озера от 0,58 до 1,30 м. Подстиляется корневая залежь илистыми отложениями, иногда линзовидно залегающим пластом мирабилита и тенардата мощностью около 1 м.

В районе озера имеется два водоносных горизонта: один залегает на глубине 1,7—2,4 м от поверхности, второй — на глубине 30—34 м. В питании озера принимают участие воды только верхнего горизонта, имеющего незначительный дебит, а также поверхностные и атмосферные воды, приток которых особенно возрастает в паводковый период. Многолетними наблюдениями была установлена зависимость гидрогеологического режима озера от местных гидрологических и метеорологических факторов.

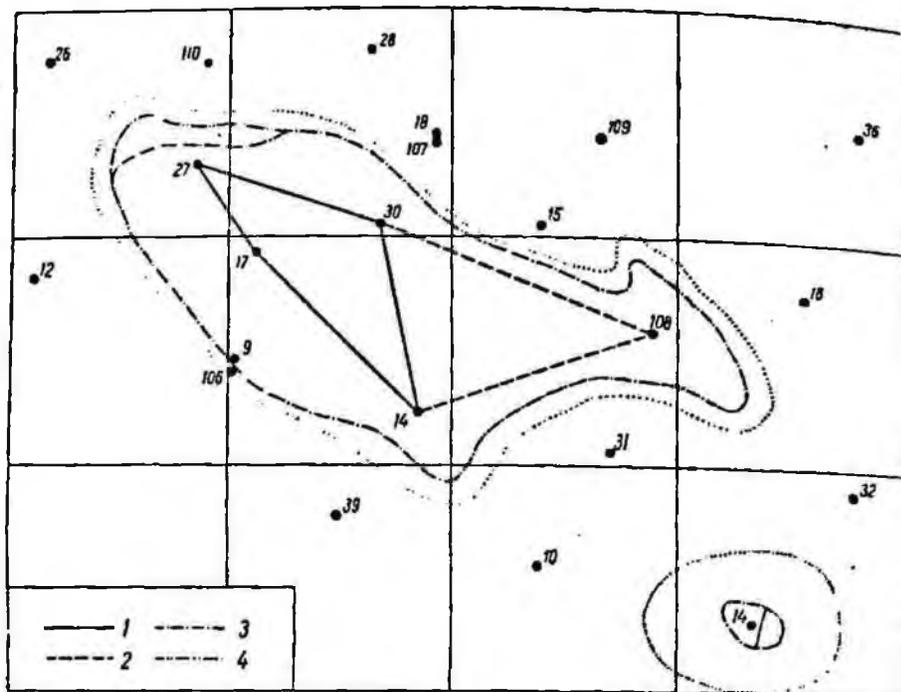


Рис. 335. Схема подсчета запасов калийных солей пласта «Каннит-4» участка Сивка-Калушская Калушского месторождения

1 — контур подсчета запасов по кат. А; 2 — контур подсчета запасов по кат. В; 3 — контур подсчета запасов по кат. С; 4 — контур подсчета запасов по кат. С<sub>1</sub> в окрестных целиках

Разведка месторождения осуществлена скважинами, пройденными по линиям на расстояниях 500 м одна от другой; расстояние между скважинами в линиях изменяется от 900 до 1100 м. Выход керна колеблется от 70 до 90%. Кроме скважин, по всей площади озера произведены промеры глубины для определения мощности рапы и уточнения поверхности пластовой соли. Расстояния между точками промеров изменялись от 50 до 200 м. Опробование произведено по 74% пройденных скважин, раздельно для каратуза и старосадки с учетом однородности солей; кроме того, отобраны пробы рапы, причем отбор производился одновременно в один и тот же день (17 августа 1954 г.). По всем пробам произведены полные химические анализы. Контрольные анализы, выполненные на 35% анализированных проб, показали удовлетворительное качество основных анализов. Оценка качества соли произведена в соответствии с ГОСТ 153—41 на пищевую соль. Содержание нерастворимого остатка изменяется в солях Бурлинского месторождения от 0,32 до 31,63%, в среднем составляя 9,62% при содержании, предусмотренном ГОСТ от 0,5 и 1% для I и II сортов. Повышенное содержание нерастворимого остатка обусловлено загрязнением каратуза плом. В связи с этим при

разработке месторождения возникла необходимость производить обогащенные солей. В настоящее время обогащение осуществляется промывкой добываемой соли рапой непосредственно в процессе добычи, в результате чего получаемая соль отвечает требованиям ГОСТ для I и II сортов.

Содержание сернистого натрия в поваренной соли, превышающее допустимое ГОСТ, наблюдается только в осенние месяцы, когда происходит садка мирабилита; имеются также и отдельные линзы мирабилита, в связи с чем возникает необходимость проведения при эксплуатации опережающего опробования, а в осенние месяцы — тщательного контроля за качеством сырья. Наличие в солях озера значительного количества мирабилита требует комплексную его разработку, что в настоящее время не делается.

Запасы пластовой соли подсчитаны методом среднего арифметического, а объем рапы — методом изолиний. Все запасы квалифицированы по категории  $C_1$  в связи с тем, что мощности пластовой соли и слоя рапы непостоянны и изменяются в зависимости от гидрохимического режима озера. Вследствие этого на участках, намечаемых к эксплуатации, следует проводить эксплуатационную разведку с одновременной разведкой по редкой сети всего озера с целью составления общего баланса солей в нем. Запасы утверждены отдельно по каратазу, старосадке и соли в рапе. Причем для твердых солей указаны содержания  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$  и нерастворимого остатка, а для рапы — только  $NaCl$ .

Месторождения фосфоритов. Основным потребителем фосфоритов является сельское хозяйство, которое поглощает до 95% мировой добычи. Кроме того, фосфориты используются для получения фосфора, фосфорной кислоты и различных фосфорно-кислых солей, которые используются в химической и пищевой промышленности, в металлургии, медицине, фотографии и других отраслях народного хозяйства. Требования промышленности к фосфоритам в значительной мере определяются областью их использования и способом переработки и устанавливаются соответствующими ГОСТ или техническими условиями. Основным показателем, определяющим качество фосфоритов, является содержание фосфорного ангидрида.

Эксплуатируемые в настоящее время месторождения желваковых фосфоритов содержат в исходной руде 6—16%  $P_2O_5$ . Фосфориты пластового типа отличаются более высоким содержанием  $P_2O_5$  в руде, достигающим 26—28% и выше. Кроме содержания фосфорного ангидрида, качество фосфоритов в ряде случаев лимитируется содержанием  $SiO_2$ , окислов железа, алюминия и других компонентов. Месторождения фосфоритов встречаются во всех отложениях от протерозоя до третичных и продолжают образовываться в современных морских бассейнах. На территории Советского Союза промышленное значение имеют месторождения фосфоритов исключительно морского происхождения. Несмотря на это, месторождения фосфоритов по своим геологическим особенностям в инструкции ГКЗ, разработанной Б. М. Гиммельфарбом, разделяют на 3 группы.

В I группу отнесены месторождения платформенного типа, которые в зависимости от генетических и текстурных особенностей продуктивных слоев разделяются на месторождения: желваковых фосфоритов (подгруппа Ia), ракушечниковых и зернистых фосфоритов (подгруппа Ib) и пластовых фосфоритов (подгруппа Iv).

Во II группе отнесены месторождения геосинклинального типа, также разделяющиеся на месторождения: желваковых фосфоритов (подгруппа IIa), зернистых фосфоритов (подгруппа IIб) и пластовых фосфоритов (подгруппа IIв).

В III группе выделены месторождения метаморфизованных фосфоритов, которые по условиям залегания близки к обычным геосинклиналь-

ным месторождениям, но отличаются сильной изменчивостью своего состава на небольших расстояниях.

Требования к методике разведки и изучения месторождений фосфоритов сводятся к следующему.

Месторождения фосфоритов могут разведываться горными выработками и буровыми скважинами. При разведке месторождений фосфоритов платформенного типа основными выработками являются шурфы, скважины большого диаметра, реже штольни, каналы и расчистки. Скважины среднего диаметра проходятся главным образом с целью определения мощности фосфоритных слоев и разделяющих их пустых прослоев, установления глубины залегания фосфоритного слоя, получения представлений о наличии водоносных горизонтов и уровня подземных вод, для очертывания фосфоритной залежи.

Опробование производится по шурфам и скважинам большого диаметра, которые обычно закладываются на местах скважин небольшого диаметра с целью контроля результатов бурения. При разведке фосфоритов геосинклинального типа или метаморфизованных большое значение приобретают расчистки и каналы, используемые для прослеживания и опробования выходов фосфоритных пластов на поверхность. Глубокие горизонты месторождений этих типов разведывают скважинами колонкового бурения. Выход керна при бурении предусматривается не менее 75%. Учитывая, что скважины имеют большую глубину, производят замеры их искривления не реже чем через 50 м. Шурфы и, если позволяет рельеф, штольни на месторождениях этих типов проходятся с целью уточнения горнотехнических условий, определения объемного веса и проверки данных, полученных по каналам и скважинам.

Опробование производят при наличии нескольких фосфоритных слоев по каждому слою отдельно. Интервалы опробования по горным выработкам и буровым скважинам зависят от изменений литологического состава, степени оруденения и обычно составляют 0,5—0,75 м. В случаях однородного характера породы интервалы опробования могут увеличиваться до 2 м. Сечение борозд может быть принято  $5 \times 10$  или  $5 \times 15$  см. Пробы из шурфов для контроля данных бороздowego или керна опробования, а также для определения продуктивности желваковых фосфоритов отбираются валовым способом. При определении продуктивности руда разделяется на классы по размерам желваков фосфоритов: больше 10, от 10 до 4 (или от 10 до 5), от 4 до 1, от 1 до 0,5; менее 0,5 мм; устанавливается процентный выход каждого класса из исходной руды. От каждого класса отбирается проба на химический анализ. Результаты опробования и химического анализа показывают промышленное значение каждого из выделенных классов. Обычно к концентрату относят классы больше 0,5—1,0 мм.

В последнее время запасы желваковых месторождений подсчитываются в исходной руде с указанием среднего содержания фосфорного ангидрида, однако для полной промышленной оценки необходимо определять, кроме того, продуктивность отдельных классов.

Продуктивность определяется делением веса каждого класса (или всего концентрата) в килограммах на площадь шурфа в квадратных метрах. Запасы всех типов месторождений следует подсчитывать не по продуктивности, а по мощности слоя с определением запасов руды и указанием содержания в ней  $P_2O_5$ .

Густота разведочной сети определяется степенью изменчивости основных показателей фосфоритной толщи, ее строением, изменчивостью качественного состава, наличием тектонических нарушений и т. д. Инструкцией ГКЗ для основных типов фосфоритных месторождений рекомендована плотность сети разведочных выработок, приведенная в табл. 94.

## Плотность сети при разведке месторождений фосфоритов

Тип месторождения	Расстояния между разведочными выработками, м					
	категория А <sub>2</sub>		категория В		категория С <sub>1</sub>	
	буровые скважины	горные выработки	буровые скважины	горные выработки	буровые скважины	горные выработки
Ia	100—200	300—400	250—400	450—600	500—700	700—1000
Iб	200—300	450—600	350—500	700—900	600—800	1000—1300
Iв	50—75	450—600	100—150	700—900	200—300	1000—1300
IIa	100—200	300—400	250—400	450—600	500—700	700—1000
IIб	200—300	450—600	350—500	700—900	600—800	1000—1300
IIв	200—350	600—750	400—600	800—1000	700—900	1200—1500
по про- стиранию	100—125	—	150—200	—	250—300	—
III	100—200	450—600	250—400	700—900	500—700	1000—1300
по про- стиранию	50—75	—	100—150	—	175—250	—

Приведенные в инструкции расстояния являются лишь ориентировочными и при выборе расстояний между выработками необходимо привести достаточное геологическое обоснование или сравнить изучаемое месторождение с известными данного типа. Расстояния между разведочными выработками следует уменьшить (примерно вдвое от принятых) при разведке краевых частей залежи, а также в зонах, где над фосфоритными слоями отсутствуют коренные породы. В случаях, когда месторождение представляет собой одну или несколько изолированных друг от друга залежей небольшого размера и сложной формы, разведочная сеть рассчитывается таким образом, чтобы на каждой залежи было пройдено не менее двух-трех горных выработок. На тектонически нарушенных участках, характеризующихся размывами и т. д., требуется проходка дополнительных выработок. Разрабатываемые месторождения, где основные закономерности уже установлены, обычно разведываются более редкой сетью выработок.

Во всех отобранных пробах определяется содержание фосфорного ангидрида и нерастворимого остатка. Значительная часть проб подвергается анализу на  $R_2O_3$  (из них определенное количество анализируется на  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$  отдельно),  $CO_2$  и  $MgO$ . Количество проб на отдельные анализы и виды их зависят от назначения фосфоритов. Во всех случаях несколько проб подвергаются полному анализу.

Правильность химических анализов проверяется контрольными анализами дубликатов проб в количестве не менее 10% от общего числа анализированных проб. Часть анализов проверяется в лаборатории другой организации. Методика и техника выполнения химических анализов должны обеспечить точность анализов, не выходящую за пределы допусков, приведенных в табл. 95.

Обогатимость фосфоритов изучают на лабораторных и полужаводских пробах. При испытаниях устанавливают возможность переработки фосфоритов на те или иные виды фосфоритных удобрений. Большое значение для разрешения вопроса об обогатимости и переработке фосфоритов имеет детальное минералого-петрографическое изучение их, определение структурных и тектонических особенностей, характер их прорастания и т. д. При разведке фосфоритных месторождений необходимо обра-

Допустимые средние случайные погрешности химических анализов фосфоритов

Качество фосфоритов	Наименование компонентов	Точность анализа в абсолютн. процентах		Примечание
		обычная (норматив для лаборатории)	предельно допустимое отклонение	
Фосфориты с содержанием $P_2O_5$ от 5 до 15 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	$P_2O_5$	0,2	0,3	При объемных и весовых методах анализа
То же свыше 15 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	$P_2O_5$	0,35	0,5	
Фосфориты с содержанием $P_2O_5$ от 1 до 5 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	$P_2O_5$	0,2	0,4	При методе кислотной обработки
То же свыше 5 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	$P_2O_5$	0,3	0,5	
Фосфориты разные	нерастворимый остаток	1,0	2,0	

щать внимание на возможность практического использования пород вскрыши месторождения, а также прослоев в полезной толще (глауконитовые пески, известняки, железные и марганцевые руды и др.).

Кроме изложенных общих условий, при отнесении запасов фосфоритов к той или иной категории необходимо учитывать конкретно степень их изученности.

К категории  $A_1$  относятся запасы фосфоритов, подготовленные горными выработками для эксплуатационных работ. Запасы должны быть детально разведаны и опробованы эксплуатационной разведкой. Гидрогеологические условия изучены, качество и технология переработки установлены на основании опыта промышленного использования. Запасы категории  $A_1$  подсчитывают на топографической основе или маркшейдерских планах, по которым ведется разработка месторождения (обычно 1 : 500 — 1 : 1000).

К категории  $A_2$  относятся запасы фосфоритов детально разведанные и околуренные выработками. Условия залегания и соотношение природных типов должны быть подробно изучены; освещены строение фосфоритной толщи, ее фациальные изменения, детали стратиграфии продуктивной серии и вмещающих пород, условия залегания и характер фосфоритных слоев, состав и размеры минеральных компонентов, характер цемента, химический состав фосфоритов. Все отобранные пробы (не менее 15—50% всех проб) необходимо проанализировать на фосфорный ангидрид и нерастворимый остаток; кроме того, в зависимости от назначения фосфориты анализируются на  $R_2O_3$  (из них половина отдельно на  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$ ),  $CO_2$  и  $MgO$ , а 10% дополнительно на  $CaO$  и  $F$ . Все основные типы фосфоритов должны быть охарактеризованы полными анализами; определена влажность руды и всех классов первичного обогащения. Объемный вес следует подсчитать не менее чем в 10% всех проб. Вопросы обогащения и технологической переработки фосфоритов должны быть разрешены с детальностью, обеспечивающей возможность проектирования схем их переработки; гидрогеологические условия месторождения детально изучены; определены качество воды и дебит каждого водоносного горизонта в отдельности, произведены длительные откачки. Горнотехнические условия должны быть детально изучены — установлен характер кровли и почвы, крепость пород, наличие пльвунов, коэффициент разрыхления, процент выхода каждого класса крупности и т. д.

Запасы подсчитывают на топографической основе, масштаб которой обеспечивает достаточную точность подсчета, обычно не менее 1:5000 для месторождений групп Ia и Ib и не менее 1:2000 для групп Iv, II и III.

К категории В относятся разведанные и оконтуренные запасы фосфоритов, условия залегания которых изучены, а природные типы установлены без детализации их распределения. Для отдельных, наиболее выдержанных месторождений допускается экстраполяция от контуров запасов категорий A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub>, геологически обоснованная. Должны быть изучены строение фосфоритной серии и ее фациальные изменения, условия залегания и возраст фосфоритов, общая стратиграфия района и петрографические особенности данного фосфоритного слоя. Все пробы проанализированы на фосфорный ангидрид и нерастворимый остаток, а часть проб — на полный анализ. Объемный вес определен не менее чем в 5% проб. Вопросы обогащения или технологической переработки фосфоритов изучены с детальностью, обеспечивающей выбор схемы их переработки. Общие гидрогеологические условия месторождения, а также горнотехнические условия разработки выяснены достаточно полно. Устанавливаются все водоносные горизонты, ориентировочно дебит каждого из них и ожидаемый приток воды в эксплуатационные выработки. Запасы подсчитаны на топографической основе, масштаб которой для месторождений групп Ia и Ib обычно принимается не менее 1:5000 — 1:10 000, а для групп Iv, II и III — 1:2000 — 1:5000.

К категории C<sub>1</sub> относятся запасы фосфоритов, определенные на основании редкой сети выработок и примыкающие к контурам запасов более высоких категорий. Для отнесения запасов к категории C<sub>1</sub> должны быть изучены строение фосфоритной серии, общая стратиграфия района, основные закономерности фациальных изменений, генетический тип месторождения и условия залегания как фосфоритоносной, так и вмещающих пород. Возможность обогащения фосфоритной руды или непосредственной ее технологической переработки обосновывается общим заключением на основании анализов или лабораторных испытаний, а также по аналогии с другими, детально изученными месторождениями. Общие гидрогеологические и горнотехнические условия должны быть изучены. Запасы подсчитаны на топографической основе масштаба 1:25 000 — 1:10 000. Допускается полуинструментальная съемка. В отдельных случаях в равнинной местности при условии достаточно глубокого залегания фосфоритной серии запасы могут быть подсчитаны без топографической основы на геологической карте по данным координат и высотных отметок разведочных выработок.

К категории C<sub>2</sub> могут быть отнесены запасы фосфоритов, примыкающие к участкам месторождений, разведанных по более высоким категориям, а также предполагаемые по геологическим данным, подтвержденным опробованием в отдельных выработках. Запасы подсчитаны на геологических картах любого масштаба, обеспечивающего геометризацию контуров распространения фосфоритоносных отложений, с определением элементов залегания.

Месторождения фосфоритов, по условиям залегания, сложности строения продуктивной толщи, выдержанности состава и качества фосфоритов относятся к группам «а», «б» и «в» таблицы соотношения балансовых запасов категорий A<sub>2</sub>, B и C<sub>1</sub>, необходимого для разработки проектов и выделения капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий. Исходя из этого, разведанные месторождения фосфоритов могут быть переданы в промышленное освоение при наличии 10—15% запасов категории A<sub>2</sub>, 30—35% запасов категории B и 50—60% запасов категории C<sub>1</sub>. В случаях, когда по решению ГКЗ допускается строительство предприятий на участках с запасами категорий B и C<sub>1</sub>, качество

фосфоритов, технология их обогащения или переработки, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к запасам категории  $A_2$ .

Ниже в качестве примера приводятся условия классификации запасов фосфоритов Егорьевского месторождения (Р. Я. Хайкин, А. Я. Лысогорская).

Фосфориты месторождения относятся к желваковому платформенному типу (подгруппа 1а). Долинами рек и оврагов месторождение разделяется на 22 участка. Продуктивная толща представлена тремя фосфоритными слоями верхнеюрского и нижнемелового возраста, причем два верхних слоя разрабатываются совместно. Суммарная мощность верхних слоев изменяется от 0,6 до 1,6 м. Нижний фосфоритный слой мощностью от 0,15 до 0,73 м отделен от верхних слоев пластом глауконитового песка мощностью от 1 до 8 м (рис. 336). Вскрышными породами являются пески верхнемелового и четвертичного возраста; мощность вскрышных пород изменяется от 0,5 до 27,0 м. Вскрышные породы обводнены. Приток воды по расчетным данным оценивается в  $16,2 \text{ м}^3/\text{сутки}$  на 1 м длины карьера. Полезная толща залегает почти на всей площади выше местного базиса эрозии, что создает возможность отвода подземных вод из карьеров самотеком. Разведано месторождение в основном скважинами ручного бурения и шурфами. Скважины размещались по квадратной сетке через 200 или 400 м. Для установления контура фосфоритной залежи на участках ее выклинивания или размыва сеть сгущалась до 100 м. Шурфы проходились также по квадратной сетке через 400 м только на площадях с неглубоким залеганием слоев, в связи с чем наиболее полно разведанными и детально охарактеризованными в отношении качества являются краевые зоны. В отдельных случаях расстояния между шурфами изменялись от 300 до 1000 м. Опробование фосфоритных слоев производилось по шурфам, раздельно по верхнему и нижнему слою. Попытка использовать скважины для оценки продуктивности этих слоев успехом не увенчалась из-за несовершенства буровых инструментов.

Оценка качества разведанного сырья производилась в соответствии с условиями Министерства химической промышленности, которыми предусмотрены минимальная продуктивность по фосфоритному концентрату класса  $+0,5 \text{ мм}$  для верхнего слоя при вскрыше до 3 м —  $200 \text{ кг/м}^2$ , от 3 до 6 м —  $300 \text{ кг/м}^2$ , от 6 до 10 м —  $400 \text{ кг/м}^2$  и от 10 до 20 м —  $450 \text{ кг/м}^2$ ; для нижнего фосфоритного слоя —  $150 \text{ кг/м}^2$ . Минимальное среднее содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  в фосфоритном концентрате класса  $+0,5 \text{ мм}$  — 19%. Условиями не было предусмотрено использование фосфоритов данного класса, что является мало обоснованным, так как проведенные анализы и исследования показали высокое и выдержанное качество. Продуктивность руды верхнего фосфоритного слоя  $1707 \text{ кг/м}^2$  при содержании  $\text{P}_2\text{O}_5$  13,7%, а продуктивность концентрата класса  $+0,5 \text{ мм}$  —  $671 \text{ кг/м}^2$  при содержании  $\text{P}_2\text{O}_5$  23%. Продуктивность руды нижнего слоя  $805 \text{ кг/м}^2$  при содержании  $\text{P}_2\text{O}_5$  10,5%, продуктивность концентрата класса  $+0,5 \text{ мм}$  —  $273 \text{ кг/м}^2$  при содержании  $\text{P}_2\text{O}_5$  23,1%. Запасы подсчитаны методом геологических блоков, раздельно по верхнему и нижнему фосфоритному пласту и разделены на балансовые и забалансовые. К забалансовым отнесены запасы на глубине свыше 20 м; в числе балансовых выделены запасы под полотном железной дороги, строениями и линиями электропередач. Подсчет производился как в исходной руде, так и в концентрате класса  $+0,5 \text{ мм}$ . Запасы категории  $A_2$  подсчитывались в пределах контура, проходящего через опробованные шурфы при расстоянии между ними 300—450 м и буровые скважины с расстоянием 100—200 м. К категории В отнесены запасы, подсчитанные в контуре буровых скважин при расстояниях между ними 200—400 м и между

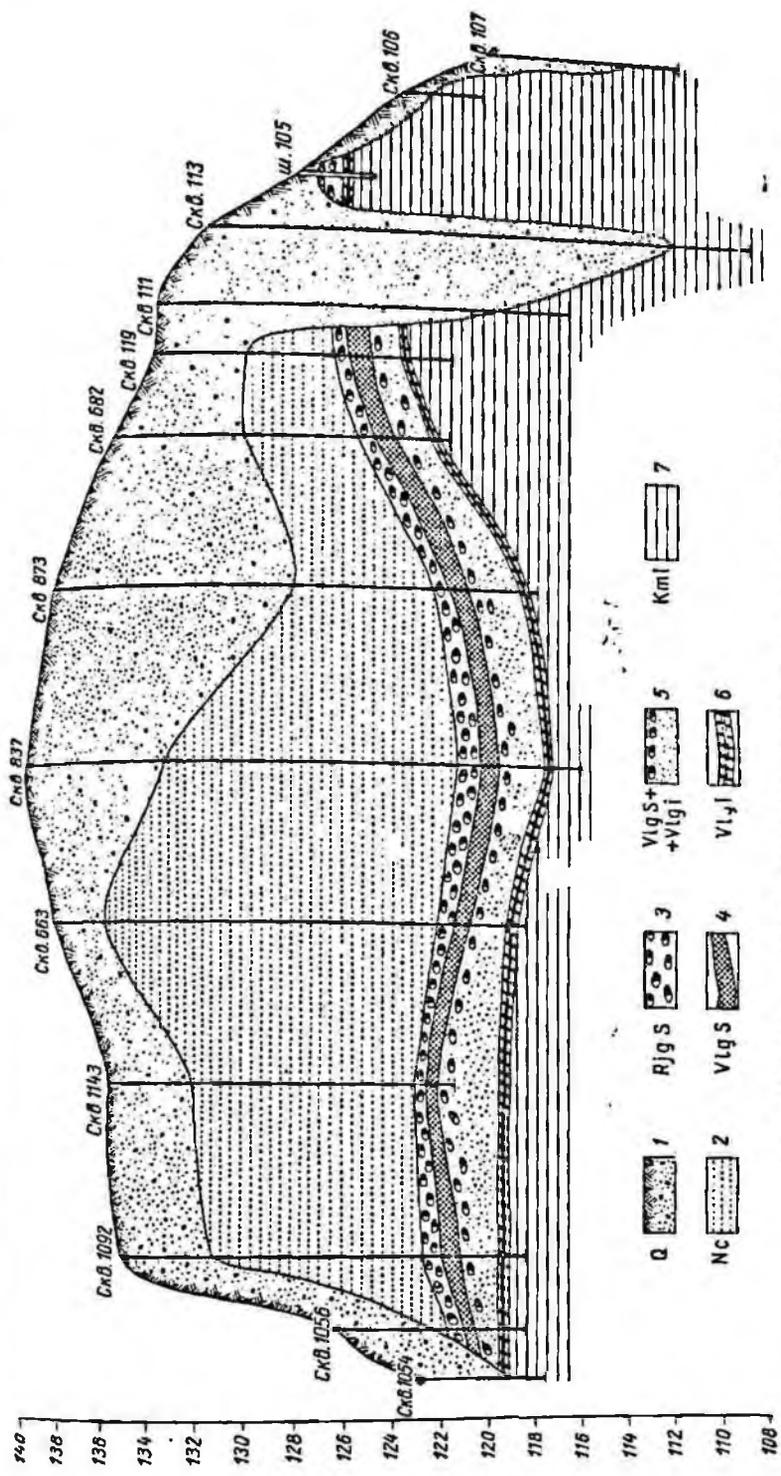


Рис. 336. Геологический разрез Егорьевского месторождения фосфоритов

1 — песок, суглины, глины, суглинки; 2 — песок кварцевый слоистый, мелкозернистый; 3 — фосфоритовые желваки; 4 — фосфоритовая и итв.; 5 — песок глауконитовый с редкими желваками фосфоритов; 6 — фосфоритовые желваки глинистого типа, плотные в песчано-глауконитовой глине; 7 — глина черная, плотная, слюдистая

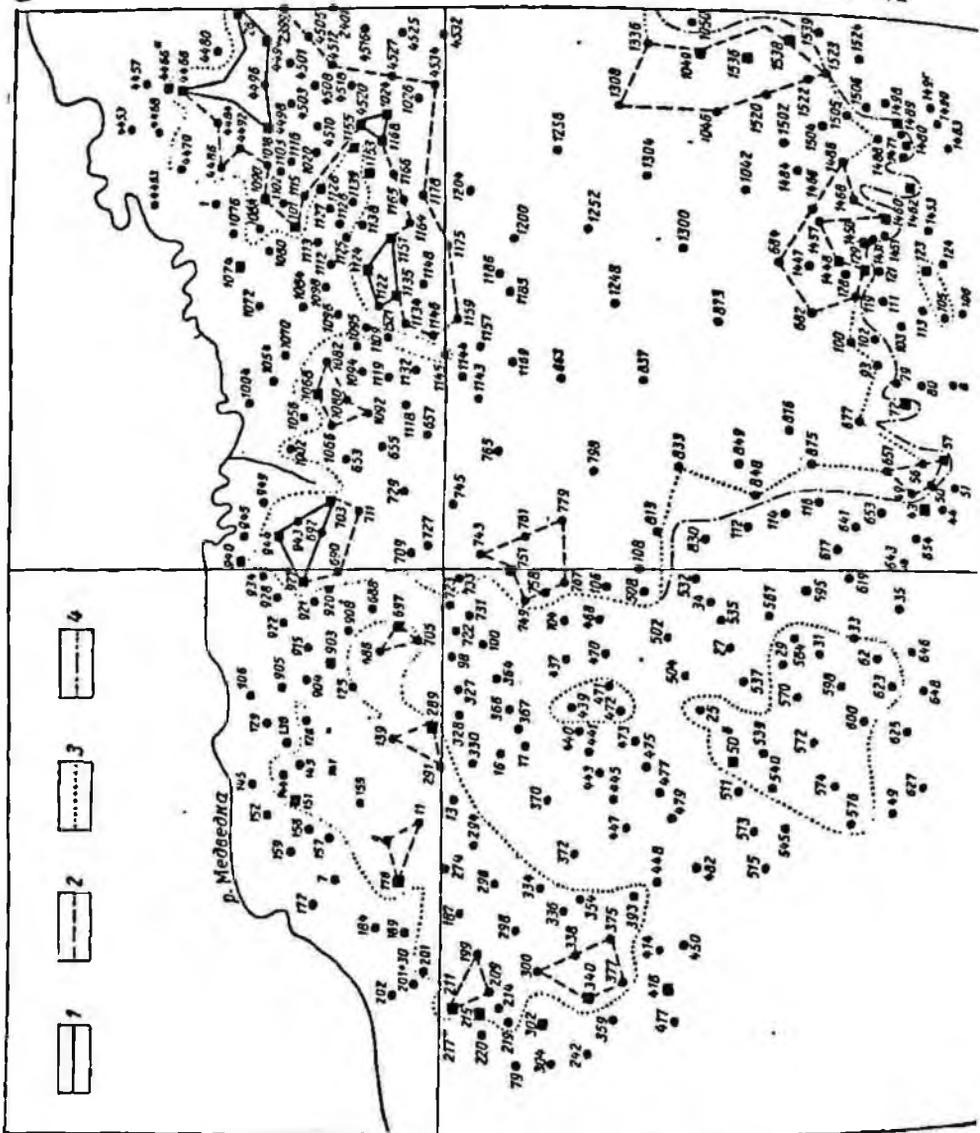


Рис. 337. План подсчета запасов фосфоритов Егорьевского месторождения. Верхний фосфоритный слой

1 — контур запасов кат. А; 2 — контур запасов кат. В; 3 — контур запасов кат. С; 4 — контур балансовых запасов кат. С<sub>1</sub>

опробованными шурфами до 600 м, при условии, что расстояния контура подсчета от шурфов не превышают 300—325 м.

К категории С<sub>1</sub> отнесены запасы, охарактеризованные только буровыми скважинами без опробования выработок. Расстояния между скважинами не превышали 400 м. Блоки категории С<sub>1</sub> обычно примыкали к блокам категорий А<sub>2</sub> и В. Кроме того, к категории С<sub>1</sub> отнесены запасы в краевой зоне, ограниченные с одной стороны выработками, вскрывшими фосфоритовый пласт, с другой — линией — линией выхода фосфоритового пласта на поверхность (рис. 337). Продуктивность выхода фосфоритового пласта принималась равной половине продуктивности при подсчете этих запасов примыкают. Учитывая сложность проходки шурфов в связи с наличием в кровле фосфоритных пластов водоносных песков, ГКЗ признала целесообразным увеличивать степень разведанности месторождения и сочла возможным проектирование и разработку месторождения на участках, где нет запасов категории А<sub>2</sub>, проводить по запасам категорий В и С<sub>1</sub>, хотя и отнесла Егорьевское месторождение к группе «а» неметаллических полезных ископаемых. Однако количество запасов категории С<sub>1</sub>, которое может быть положено в обоснование проектирования и разработки, должно удовлетворять установленному для группы «а» соотношению, т. е. составлять не более 50% общих запасов.

В качестве примера классификации запасов месторождений фосфоритов геосинклинального типа приводится месторождение Чулак-Тау (В. В. Дикарев, Ю. В. Марков, Д. И. Пересунько).

В геологическом строении месторождения принимают участие осадочные породы нижнего и среднего палеозоя, а также изверженные образования. Полезное ископаемое представлено крутопадающими (под углом 80°), в отдельных случаях опрокинутыми пластообразными залежами фосфоритов среднекембрийского возраста. В структурном отношении месторождение представляет собой опрокинутое северо-восточное крыло Чулактауской антиклинали. Широким распространением на месторождении пользуются мелкие дизъюнктивные нарушения с небольшими амплитудами смещения (рис. 338). Вся фосфоритная толща и вмещающие породы разбиты системой различно ориентированных трещин. По петрографическому и химическому составу фосфоритная толща разделяется на четыре пачки: кремнистую, нижнефосфоритную, фосфатно-кремнистую и главную фосфоритную. Наибольшую промышленную ценность по содержанию Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> имеет главная фосфоритная пачка. Частично используются залегающие стратиграфически ниже фосфатно-кремнистая и нижнефосфоритная пачки. Суммарная мощность полезной толщи изме-

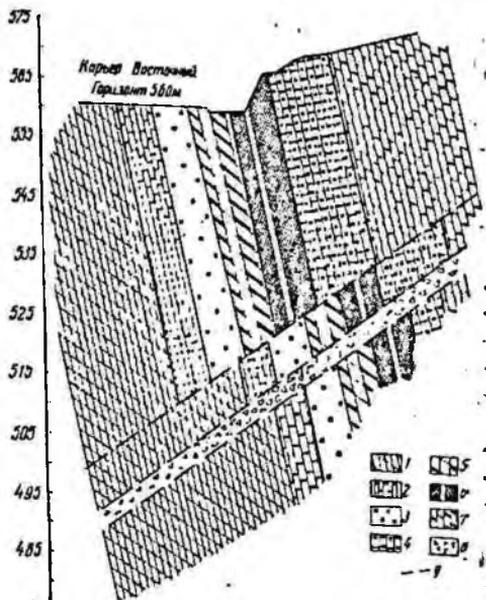


Рис. 338. Геологический разрез фосфоритового месторождения Чулак-Тау

1 — силикатные породы (кремнистые сланцы); 2 — известняки доломитизированные (горизонт нижних доломитов); 3 — кремни; 4 — известняки фосфато-кремнистые; 5 — фосфато-кремнистые породы и фосфориты кремнистые; 6 — фосфориты высококачественные; 7 — известняки доломитизированные (тамбалинская свита); 8 — конгломерато-брекчия; 9 — линии нарушений

В геологическом строении месторождения принимают участие осадочные породы нижнего и среднего палеозоя, а также изверженные образования. Полезное ископаемое представлено крутопадающими (под углом 80°), в отдельных случаях опрокинутыми пластообразными залежами фосфоритов среднекембрийского возраста. В структурном отношении месторождение представляет собой опрокинутое северо-восточное крыло Чулактауской антиклинали. Широким распространением на месторождении пользуются мелкие дизъюнктивные нарушения с небольшими амплитудами смещения (рис. 338). Вся фосфоритная толща и вмещающие породы разбиты системой различно ориентированных трещин. По петрографическому и химическому составу фосфоритная толща разделяется на четыре пачки: кремнистую, нижнефосфоритную, фосфатно-кремнистую и главную фосфоритную. Наибольшую промышленную ценность по содержанию Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> имеет главная фосфоритная пачка. Частично используются залегающие стратиграфически ниже фосфатно-кремнистая и нижнефосфоритная пачки. Суммарная мощность полезной толщи изме-

няется от 6 до 34 м. Вмещающими породами являются доломиты и известняки.

Гидрогеологические условия сложные. Подземные воды приурочены к трещинно-карстовым известнякам всякого бока полезной толщи. По расчетным данным среднегодовой приток в выработки месторождения определяется в количестве 680 м<sup>3</sup>/час с возможным увеличением в весеннее время до 2000 м<sup>3</sup>/час. В процессе эксплуатации месторождения в горные выработки возможны единовременные концентрированные поступления значительных количеств подземных вод.

Разведка месторождения осуществлялась канавами, шурфами и скважинами колонкового бурения. Вычисление коэффициентов вариации показало, что месторождение весьма равномерно по содержанию  $P_2O_5$  ( $V_c = 5,6\%$ ) и равномерно по мощности ( $V_r = 33,5\%$ ). Выработки размещались по разведочным линиям, расположенным вкрест простирания пород. Расстояния между линиями изменялись от 200 до 450 м и между выработками от 50 до 200 м. Выход керна по полезной толще в основном колебался от 62 до 92%. Гидрогеологические условия изучались путем проходки трех кустов скважин, пяти опытных откачек, 14 пробных откачек и режимных наблюдений в течение 18 месяцев.

Разведочные выработки опробовались. По отобранным пробам изучался химический и петрографический состав фосфоритов. Достоверность анализов устанавливалась на основании контрольных анализов примерно 15% всех анализированных проб. Кроме бороздового и кернового опробования для характеристики качества фосфоритов использованы результаты опробования карьера.

Качество фосфоритов оценивалось по кондициям Министерства химической промышленности, которыми предусмотрено среднее содержание  $P_2O_5$  в фосфоритах, направляемых без обогащения для размолота на муку, не менее 28,9%; для фосфоритов, направляемых на предварительное обогащение, — не менее 23%. Бортового содержание  $P_2O_5$  — не менее 15%. Проведенными анализами было установлено, что фосфориты верхней пачки Чулактаусского месторождения имеют содержание  $P_2O_5$  от 28,5 до 30%, нижних 25—26%, причем в верхней фосфоритной пачке содержится 70% всех запасов.

Запасы фосфоритов подсчитаны совместно по главной фосфоритной, нижнефосфоритной и фосфатно-кремнистой пачкам до глубины 500 м. Кроме того, подсчитаны отдельно запасы главной фосфоритной пачки. В подсчет включались некондиционные прослой при условии, что это не уменьшит содержания  $P_2O_5$  в рудах ниже 23%. Запасы подсчитаны методом геологических блоков. Месторождение относится к пластовым геосинклинального типа (IIв) с исключительно устойчивым характером фосфоритоносности и выдержанной мощностью; вследствие этого при распределении запасов по категориям принимались расстояния максимальные для данной группы месторождения, а в некоторых случаях и превышающие их (рис. 339).

## 2. Классификация запасов месторождений изверженных горных пород

Изверженные горные породы используются главным образом в качестве естественных строительных материалов, в меньшей мере как сырье для каменного литья, кислотоупоров и огнеупорных материалов, гидравлических добавок в цементном производстве. Условия классификации запасов изверженных горных пород разработаны ГКЗ только применительно к использованию их как естественных каменных строительных материалов и изложены в инструкции по применению классификации запасов к месторождениям естественных каменных строительных материалов, составленной Ю. А. Розановым и методическим отделом ГКЗ.

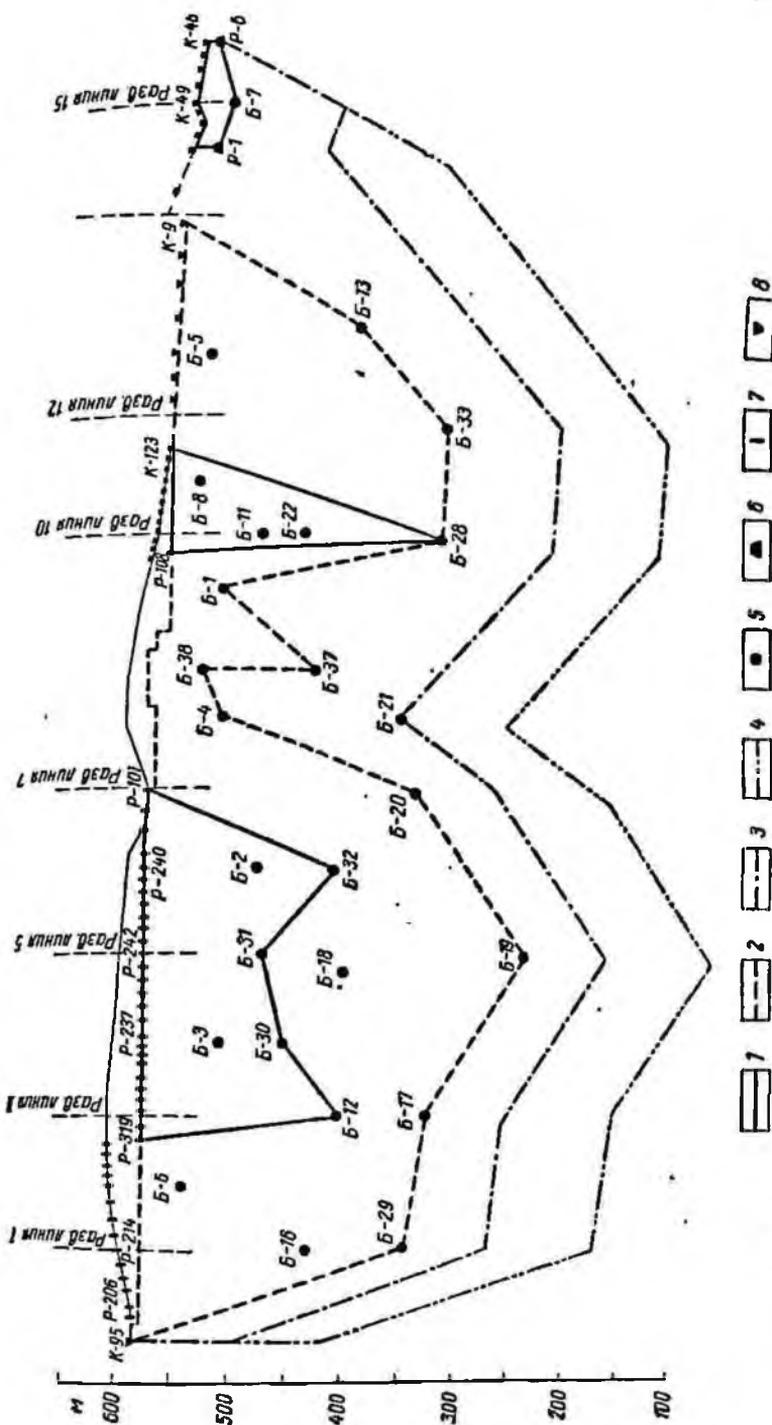


Рис. 339. Схема подсчета запасов фосфоритов на месторождении Чулак-Тау. Продольная проекция

1 — контур запасов категории А<sub>1</sub>; 2 — контур запасов категории В; 3 — контур запасов категории С<sub>1</sub>; 4 — контур запасов категории С<sub>2</sub>; 5 — буровые скважины; 6 — расщелины; 7 — расчистки; 8 — каналы

В указанной инструкции даны условия классификации каменных строительных материалов как изверженного, так и осадочного происхождения. Ниже изложены условия и примеры классификации только изверженных пород, разведываемых для одной из вышеуказанных целей.

Месторождения изверженных горных пород по форме и залеганию, зависящим в значительной мере от генезиса, подразделяются на две группы. К I группе относятся массивные залежи изверженных пород, приуроченных к батолитам или лакколлитам, характеризующиеся выдержанностью состава и свойств пород как по площади, так и на глубину. Месторождения этой группы находятся в областях развития вулканизма или в пределах выходов на поверхность кристаллического фундамента платформ. Они представлены преимущественно глубинными породами — гранитами, снейитами, габбро, лабрадоритами, диоритами и т. д.

Ко II группе относятся пластообразные тела, выдерживающиеся по строению, мощности и качественным показателям на больших площадях. Сюда включаются месторождения эффузивных пород — базальтов, андезитов, риолитов, порфиритов и других пород, образующих потоки и покровы различной мощности, — а также месторождения вулканических туфов.

Месторождения, представленные жильными телами изверженных пород различной формы и мощности, иногда разрабатываемых в качестве каменных строительных материалов, в отдельную группу не выделяются, ввиду малого их промышленного значения.

Общие требования к методике разведки и изучению месторождений изверженных пород могут быть сведены к следующему.

Методика разведки месторождений изверженных пород разрабатывается в каждом случае с учетом индивидуальных особенностей месторождения на основе детальной геологической съемки. Разведка месторождений изверженных пород осуществляется буровыми скважинами и горными выработками; иногда требуется заложение опытных карьеров. Вид разведочных выработок, форма и ориентировка разведочной сети определяются в зависимости от условий залегания, мощности и характера строения полезной толщи и пород вскрыши, а также от задач, поставленных при разведке. Массивные залежи изверженных пород при выявлении запасов на небольшой площади обычно разведываются одиночными выработками, при разведке большой площади выработки располагаются по квадратной или какой-либо другой равномерной сетке. Месторождения эффузивных пород второй группы в зависимости от формы покрова разведываются или по равномерной сети, или при вытянутой форме залежи — линиями, ориентированными вкрест ее длинной оси. Инструкцией ГКЗ для каменных строительных материалов изверженного происхождения плотность разведочной сети рекомендуется устанавливать в зависимости от группы месторождения (табл. 96).

Таблица 96

Плотность сети при разведке месторождений изверженных горных пород

Группа месторождений	Расстояния между разведочными выработками или линиями, м	
	для категории А <sub>2</sub>	для категории В
I	200—300	300—500
II	100—200	200—300

Следует, однако, иметь в виду, что приведенные в таблице расстояния основаны на опыте разведки и являются ориентировочными.

Поэтому в каждом конкретном случае плотность разведочной сети должна быть обоснована и при необходимости расстояния между выработками могут отличаться от указанных. При разведке эффузивных пород, скважины на разведочных линиях, ориентированных вкост кровного потока, располагаются друг от друга на расстояниях, обычно меньших по сравнению с расстояниями между линиями.

Официальные рекомендации плотности разведочной сети при разведке месторождений изверженных пород (в качестве огнеупорного или кислотоупорного сырья, активных добавок в цементном производстве) отсутствуют. В практике подсчета запасов при разведке изверженных пород в качестве огнеупорного сырья (оливинитов, дунитов) обычно применяется 100-метровая сеть для категории  $A_2$  и 200-метровая — для категории В.

Месторождения эффузивных пород II группы, а также месторождения вулканических туфов, используемые в качестве гидравлической добавки в цементном производстве, разведываются более густой сетью выработок, так как имеют более сложную форму и часто изменчивый состав. Принимаемая сеть разведочных выработок колеблется по категории  $A_2$  от 50 м для сложных месторождений до 150 м для наиболее простых и по категории В соответственно от 100 до 200 м. Разведка вытянутых залежей производится линиями, расстояния между которыми для категории  $A_2$  в отдельных случаях изменяются от 50 до 140 м, а расстояния между выработками в линиях — от 25 до 100 м. Соответственно принимаются расстояния между выработками и для категории В.

При сложном рельефе поверхности, кроме разведочных выработок, пересекающих полезную толщу, должны быть пройдены дополнительные выработки по вскрышным породам до невыветрелых коренных пород. Обычно при детальной разведке сеть всех этих выработок должна быть не менее  $100 \times 100$  м, а при сложном распределении вскрышных пород и на мелких месторождениях — до  $50 \times 50$  м.

Все разведочные выработки документируются, отражая петрографический состав, структуру и текстуру пород, микротектонику месторождения, трещиноватость и отдельность пород, обуславливающую размерность кусков, наличие шлиров, включений, ксенолитов, жильных образований, характер и глубину зоны выветривания.

Вид опробования и способ отбора проб при разведке месторождений изверженных пород определяют в зависимости от назначения сырья. При использовании изверженных пород как каменных строительных материалов основное значение имеет техническое опробование, при использовании их в огнеупорной промышленности или в качестве гидравлических добавок в цементный клинкер решающими являются химические пробы.

Отбор технических проб производят путем взятия штуфов размером не менее  $20 \times 20 \times 20$  см для полных исследований физических, механических свойств и структурно-петрографических особенностей породы, и штуфов размером  $5 \times 5 \times 8$  см — для сокращенных определений, включающих структурно-петрографические исследования. Пробы для полных и сокращенных исследований могут быть отобраны также по керну скважин в виде кусков, позволяющих изготовить необходимое количество образцов для испытаний. На месторождениях сравнительно простого строения, приуроченных к массивам изверженных пород, по двум-трем выработкам, вскрывающим полезное ископаемое на максимальную мощность, производится отбор образцов размером  $5 \times 5 \times 8$  см для исследования под микроскопом степени свежести минералов, слагающих породу, а также для определения простейших физических констант: водопоглощения, твердости и др. По этим данным выделяются

зоны пород выветрелых: затронутых выветриванием и свежих. Из каждой выделенной зоны отбираются и подвергаются исследованиям по полному комплексу монолиты или керновые пробы в количестве не менее пяти для каждого петрографического типа, а для крупных месторождений — больше.

По результатам полных испытаний, увязанных с петрографическими исследованиями, устанавливают характеристику каждой разновидности камня. Во всех остальных выработках отбирают пробы для характеристики степени свежести пород в виде образцов размером  $5 \times 5 \times 8$  см, которые подвергают исследованию под микроскопом и для которых изучают лишь те физические свойства, определение которых является простым. Пробы отбирают в верхней части выработок через 0,5—1,0 м (по вертикали), из свежего массива — одна проба на выработку. Качественная характеристика для различных по выветрелости зон массива дается отдельно.

Опробование месторождений каменных строительных материалов, приуроченных к покровам эффузивов, сходно с опробованием слоистых толщ (см. стр. 522, «Месторождения известняков и доломитов»), но имеет некоторые особенности. Порядок опробования эффузивных толщ следующий: по двум-трем разрезам устанавливают структурные особенности разных частей покрова: нижней, центральных частей и кровли. По крупности зерна, пористости, минералогическому составу и другим признакам выделяются разновидности и выявляются закономерности распределения в пределах изучаемого участка покрова. Для изучения структурных особенностей пород по тем же разрезам отбирают образцы размером  $3 \times 3 \times 5$  см, которые описываются макро- и микроскопически. Расстояния по разрезу между точками взятия образцов устанавливают в зависимости от видимых на глаз изменений структуры, но не реже чем через 1—2 м. От каждой разновидности отбирают пробы — монолиты или керновые пробы — в количестве, достаточном для выявления упомянутых выше закономерностей (не менее 5—6 шт.). Размер проб обычный. Испытания проб — монолитов — производят по полному комплексу. По результатам испытаний определяют зависимости (корреляции) между прочностью и структурой породы, прочностью и долговечностью и другими физическими свойствами породы.

По всем прочим разведочным выработкам производят отбор проб для исследований по сокращенному комплексу, главным образом для исследований под микроскопом: установления структуры породы и свежести слагающих ее минералов. Определение физических свойств — пористости и водопоглощения — производят примерно для 50% этих проб. Пробы отбирают через равные интервалы в 2 м (по вертикали), но в случае структурной и минералогической однородности пород эти интервалы могут быть увеличены до 3—5 м и более. Размер проб для сокращенного комплекса испытаний должен быть не менее  $5 \times 5 \times 8$  см.

Химическое опробование производят при изучении изверженных пород в качестве огнеупорного материала и гидравлических добавок в цементный клинкер. Пробы (чаще всего в горных выработках) отбирают бороздой, в скважинах — от керна. Интервал опробования определяют в зависимости от литологического состава полезной толщи. При однородном строении борозда разделяется на секции, длина которых колеблется от 0,3 до 2,0 м. Предусмотренные ГОСТ 6269—54 испытания на гидравлическую активность изверженных пород производят на пробах, отобранных тем же способом, что и для определения химического состава, причем химический состав определяют на 25—30% проб, исследуемых на активность. При изучении изверженных пород как огнеупорного сырья по всем пробам определяют огнеупорность.

В ряде случаев для характеристики сырья необходимы технологические исследования. Объем проб для исследований должен быть согласован с промышленной организацией.

В процессе разведки должны быть изучены горнотехнические условия разработки месторождений, мощность и характер вскрышных пород, мощность и строение полезной толщи, а также гидрогеологические условия. Запасы изверженных пород, разведываемых в качестве каменных строительных материалов, подсчитываются в объемных единицах, в качестве огнеупорного или цементного сырья — в весовых. Для перевода объемных единиц в весовые необходимо произвести определение объемного веса: для всех разновидностей пород в лабораторных условиях и в единичных выработках — путем выемки целиков. Одновременно с объемным весом определяют влажность. При разведке изверженных пород как каменных строительных материалов должен быть рассчитан выход продукции каждого вида в процентах от горной массы, определенный пробной добычей в типичных участках месторождения или по данным существующих разработок. Способ выемки полезного ископаемого при опытной добыче должен, по возможности, соответствовать принятому при нормальной эксплуатации. Для облицовочных камней необходимо получение данных по технологии заводской обработки с установлением показателей по распиловке, фрезеровке, полировке и по выходу товарной продукции из блоков. Эти определения производят в объеме 5—8 м<sup>3</sup> готовых блоков.

Подсчет запасов производят на инструментальной топографической основе масштабов 1:1000—1:2000 для категорий А<sub>2</sub> и В и 1:2000—1:5000 для категории С<sub>1</sub>.

Выполнение общих требований к методике разведки и изучения изверженных пород позволяют квалифицировать их запасы в соответствии с детальностью изучения по категориям А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

К категории А<sub>1</sub> относятся запасы при соблюдении следующих условий:

- а) запасы подсчитаны в контуре, ограниченном с одной стороны опробованным забоем карьера или подземной разработки, с другой — линией опробованных разведочных выработок, пройденных на расстояниях от эксплуатационного забоя и друг от друга, не превышающих половины расстояний между выработками, принятых для категории А<sub>2</sub>;
- б) опробование произведено по забоям эксплуатационных выработок и по выработкам эксплуатационной разведки и обеспечивает выяснение распределения видов и сортов сырья, а также вредных включений, выветрелых участков, зон дробления и т. п. с детальностью, необходимой для производственного планирования и ведения эксплуатационных работ; выход товарного камня, отвечающего по качеству и размерам техническим условиям промышленной организации или ГОСТ, определен по данным опыта эксплуатации;
- в) запасы геометризованы на планах и разрезах в масштабе, соответствующем масштабу маркшейдерской основы, используемой при ведении эксплуатационных работ;
- г) соблюдены условия, перечисленные для категории А<sub>2</sub> в части качественной характеристики полезного ископаемого, изученности технологии его обработки и горнотехнических условий разработки месторождения.

Для отнесения запасов к категории А<sub>2</sub>, кроме выполнения общих требований, необходимо соблюдение следующих условий:

- а) форма месторождения, его геологическое строение, условия залегания и состав толщи полезного ископаемого, а для месторождений штучного и облицовочного камня — также макро- и микротектоника, включая и трещинную тектонику, изучены; установлены основные петро-

зоны пород выветрелых: затронутых выветриванием и свежих. Из каждой выделенной зоны отбираются и подвергаются исследованиям по полному комплексу монолиты или керновые пробы в количестве не менее пяти для каждого петрографического типа, а для крупных месторождений — больше.

По результатам полных испытаний, увязанных с петрографическими исследованиями, устанавливают характеристику каждой разновидности камня. Во всех остальных выработках отбирают пробы для характеристики степени свежести пород в виде образцов размером  $5 \times 5 \times 8$  см, которые подвергают исследованию под микроскопом и для которых изучают лишь те физические свойства, определение которых является простым. Пробы отбирают в верхней части выработок через 0,5—1,0 м (по вертикали), из свежего массива — одна проба на выработку. Качественная характеристика для различных по выветрелости зон массива дается раздельно.

Опробование месторождений каменных строительных материалов, приуроченных к покровам эффузивов, сходно с опробованием слоистых толщ (см. стр. 522, «Месторождения известняков и доломитов»), но имеет некоторые особенности. Порядок опробования эффузивных толщ следующий: по двум-трем разрезам устанавливают структурные особенности разных частей покрова: нижней, центральных частей и кровли. По крупности зерна, пористости, минералогическому составу и другим признакам выделяются разновидности и выявляются закономерности распределения в пределах изучаемого участка покрова. Для изучения структурных особенностей пород по тем же разрезам отбирают образцы размером  $3 \times 3 \times 5$  см, которые описываются макро- и микроскопически. Расстояния по разрезу между точками взятия образцов устанавливают в зависимости от видимых на глаз изменений структуры, но не реже чем через 1—2 м. От каждой разновидности отбирают пробы — монолиты или керновые пробы — в количестве, достаточном для выявления упомянутых выше закономерностей (не менее 5—6 шт.). Размер проб обычный. Испытания проб — монолитов — производят по полному комплексу. По результатам испытаний определяют зависимости (корреляции) между прочностью и структурной породой, прочностью и долговечностью и другими физическими свойствами породы.

По всем прочим разведочным выработкам производят отбор проб для исследований по сокращенному комплексу, главным образом для исследований под микроскопом: установления структуры породы и свежести слагающих ее минералов. Определение физических свойств — пористости и водопоглощения — производят примерно для 50% этих проб. Пробы отбирают через равные интервалы в 2 м (по вертикали), но в случае структурной и минералогической однородности пород эти интервалы могут быть увеличены до 3—5 м и более. Размер проб для сокращенного комплекса испытаний должен быть не менее  $5 \times 5 \times 8$  см.

Химическое опробование производят при изучении изверженных пород в качестве огнеупорного материала и гидравлических добавок в цементный клинкер. Пробы (чаще всего в горных выработках) отбирают бороздой, в скважинах — от керна. Интервал опробования определяют в зависимости от литологического состава полезной толщи. При однородном строении борозда разделяется на секции, длина которых колеблется от 0,3 до 2,0 м. Предусмотренные ГОСТ 6269—54 испытания на гидравлическую активность изверженных пород производят на пробах, отобранных тем же способом, что и для определения химического состава, причем химический состав определяют на 25—30% проб, исследуемых на активность. При изучении изверженных пород как огнеупорного сырья по всем пробам определяют огнеупорность.

В ряде случаев для характеристики сырья необходимы технологические исследования. Объем проб для исследований должен быть согласован с промышленной организацией.

В процессе разведки должны быть изучены горнотехнические условия разработки месторождений, мощность и характер вскрышных пород, мощность и строение полезной толщи, а также гидрогеологические условия. Запасы изверженных пород, разведываемых в качестве каменных строительных материалов, подсчитываются в объемных единицах, в качестве огнеупорного или цементного сырья — в весовых. Для перевода объемных единиц в весовые необходимо произвести определение объема и в единичных выработках — путем выемки целиков. Одновременно с объемным весом определяют влажность. При разведке изверженных пород как каменных строительных материалов должен быть рассчитан выход продукции каждого вида в процентах от горной массы, определенный пробной добычей в типичных участках от горной массы, определенных существующих разработок. Способ выемки полезного ископаемого при опытной добыче должен, по возможности, соответствовать принятому при нормальной эксплуатации. Для облицовочных камней необходимо получение данных по технологии заводской обработки с установлением показателей по распиловке, фрезеровке, полировке и по выходу товарной продукции из блоков. Эти определения производят в объеме 5—8 м<sup>3</sup> готовых блоков.

Подсчет запасов производят на инструментальной топографической основе масштабов 1:1000 — 1:2000 для категорий А<sub>2</sub> и В и 1:2000 — 1:5000 для категории С<sub>1</sub>.

Выполнение общих требований к методике разведки и изучения изверженных пород позволяют квалифицировать их запасы в соответствии с детальностью изучения по категориям А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

К категории А<sub>1</sub> относятся запасы при соблюдении следующих условий:

а) запасы подсчитаны в контуре, ограниченном с одной стороны опробованным забоем карьера или подземной разработки, с другой — линией опробованных разведочных выработок, пройденных на расстоянии от эксплуатационного забоя и друг от друга, не превышающих половины расстояний между выработками, принятых для категории А<sub>2</sub>;

б) опробование произведено по забоям эксплуатационных выработок и по выработкам эксплуатационной разведки и обеспечивает выяснение распределения видов и сортов сырья, а также вредных включений, выветрелых участков, зон дробления и т. п. с детальностью, необходимой для производственного планирования и ведения эксплуатационных работ; выход товарного камня, отвечающего по качеству и размерам техническим условиям промышленной организации или ГОСТ, определен по данным опыта эксплуатации;

в) запасы геометризованы на планах и разрезах в масштабе, соответствующем масштабу маркшейдерской основы, используемой при ведении эксплуатационных работ;

г) соблюдены условия, перечисленные для категории А<sub>2</sub> в части качественной характеристики полезного ископаемого, изученности технологии его обработки и горнотехнических условий разработки месторождения.

Для отнесения запасов к категории А<sub>2</sub>, кроме выполнения общих требований, необходимо соблюдение следующих условий:

а) форма месторождения, его геологическое строение, условия залегания и состав толщи полезного ископаемого, а для месторождений штучного и облицовочного камня — также макро- и микротектоника, включая и трещинную тектонику, изучены; установлены основные петро-

графические типы и промышленные сорта полезного ископаемого, их соотношение и распределение; изучен характер и распределение вредных включений в теле полезного ископаемого, зон дробления, шлиров и ксенолитов; дана количественная и качественная оценка этим включениям;

б) гидрогеологические условия месторождения, ожидаемые притжки воды в будущие выработки, условия разработки месторождения, объем и распределение вскрышных и пустых пород в теле полезного ископаемого изучены;

в) характер проведенного опробования и испытаний соответствует техническим условиям или ГОСТ, а их объем обеспечивает достоверную оценку качества и распределение отдельных сортов и разновидностей;

г) для каменных строительных материалов изверженного происхождения выход делового камня установлен по отдельным видам продукции на основании выемки из опытного карьера, шурфов или других горных выработок вне зоны выветривания не менее  $50 \text{ м}^3$  горной массы для блочного камня и не менее  $20\text{--}30 \text{ м}^3$  для бута, брусчатки и шашки; выход делового камня может быть принят по аналогии при наличии в районе эксплуатируемого месторождения карьера или ранее разведанных участков, на которых выход камня по отдельным видам продукции определен опытным путем; однако должна быть доказана идентичность строения сравниваемых участков. Для облицовочного камня произведено определение выхода товарной продукции из блоков на основании заводских или полужаводских опытных испытаний с установлением показателей по распиловке, фрезеровке и полировке;

д) для огнеупорного сырья и в отдельных случаях для гидравлических добавок в цемент произведены технологические испытания в объеме, достаточном для проектирования схемы их использования;

е) запасы подсчитаны в контуре выработок по разновидностям, которые получены при эксплуатации на расстояниях между выработками, обеспечивающих выполнение пункта «а» настоящих условий; при разведке наиболее выдержанных месторождений I группы в качестве каменных строительных материалов запасы категории  $A_2$  могут быть выделены в контурах выработок, пройденных по вскрышным породам до полезного ископаемого, если внутри каждого контура имеется не менее трех надежно опробованных выработок, пройденных по полезной толще.

К категории В могут быть отнесены запасы при соблюдении следующих условий:

а) форма месторождения, его геологическое строение, условия залегания и состав толщи полезного ископаемого изучены; установлены основные петрографические типы и промышленные сорта полезного ископаемого, а также их соотношение без детализации распределения; изучен характер вредных включений в теле полезного ископаемого, коры выветривания, жильных образований, шлиров и ксенолитов; дана ориентировочная оценка количества этих включений без отражения их распределения;

б) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождений выяснены достаточно полно; установлен объем вскрышных пород и пустых пород в теле полезного ископаемого;

в) характер проведенного опробования и испытаний должен соответствовать техническим условиям или ГОСТ, а их объем — обеспечить оценку качества разведанного сырья;

г) выход делового камня при разведке изверженных пород в качестве каменных строительных материалов дан на основании изучения трещиноватости, выхода керна и опытной выемки малых объемов ( $2\text{--}5 \text{ м}^3$ ) горной массы. При получении камня в виде блоков, выход последних должен быть определен путем опытной выемки хотя бы небольших объемов горной массы с последующей первичной обработкой;

д) для огнеупорного сырья изверженного происхождения произведены лабораторные технологические испытания в объеме, достаточном для выбора схемы их переработки;

е) запасы оконтурены выработками, пересекающими полезное ископаемое на расстояниях, обеспечивающих выполнение пункта «а» настоящих условий, а также в зоне экстраполяции, величина которой определяется геологическим строением месторождения и составляет обычно от 100 до 300 м.

Для отнесения запасов к категории  $C_1$  должны быть, кроме общих, соблюдены следующие требования:

а) форма тела полезного ископаемого и условия его залегания установлены ориентировочно;

б) свойства и состав породы изучены с детальностью, необходимой для установления возможности получения из нее требуемой продукции, или оценены по аналогии с качеством полезного ископаемого на смежных детально разведанных или эксплуатируемых участках;

в) общие условия разработки, а также общие гидрогеологические условия месторождения оценены предварительно на основании общих данных по гидрогеологии района; средняя мощность вскрышных работ установлена ориентировочно;

г) запасы подсчитаны на основании редкой сети разведочных выработок или обнажений, а также на площади экстраполяции от контуров запасов более высоких категорий, величина которой геологически обоснована (обычно не превышает среднего расстояния между выработками для категории В).

К категории  $C_2$  относят запасы, примыкающие к участкам месторождений, разведанным по категориям  $A_2$ , В и  $C_1$ , а также предполагаемые по геологическим и геофизическим данным. Для отнесения запасов к категории  $C_2$  достаточно установить общее геологическое строение месторождения и единичных исследований проб. Площадь пространства и мощность полезной толщи могут быть установлены ориентировочно на основании редких выработок или обнажений и геологических соображений.

Месторождения изверженных пород относят к группам «а» и «б» месторождений неметаллических полезных ископаемых, передача которых в промышленное освоение возможна при наличии 10—15% запасов категории  $A_2$  и 30—35% запасов категории В к общему количеству запасов категорий  $A_2$ , В и  $C_1$ , требуемых заданием.

В качестве примера классификации запасов месторождений изверженных пород, разведываемых в качестве каменных строительных материалов, приводится Клесовское месторождение диоритов (И. А. Колесник).

Клесовское месторождение кварцевых диоритов разведывалось с целью выявления промышленных запасов диорита, пригодного на щебень для обычного бетона в количестве 300 тыс. м<sup>3</sup> (в районе карьера № 1) и 300 тыс. м<sup>3</sup> для изготовления облицовочных изделий (в районе карьера № 2). До начала разведки карьер № 2 разрабатывался на штучный камень, карьер № 1 был залит водой. На месторождении пройдено девять скважин колонкового бурения глубиной от 9,7 до 41,6 м, семь шурфов глубиной от 2,5 до 10,8 м и пять расчисток.

Месторождение сложено четвертичными и докембрийскими породами. Четвертичные породы мощностью от 0,3 до 7,4 м представлены песками и реже глинами, залегающими в виде линз.

Докембрийские породы представлены преимущественно кварцевым диоритом и образующимися в нем небольшими телами красного биотитового гранита; встречаются единичные дайки роговообманкового порфирита (рис. 340). Опробование выражалось в отборе 42 проб на физико-механические испытания, результаты которых подтвердили пригод-

ность камня упомянутому назначению. Гидрогеологические условия характеризуются наличием трещинных вод; откачкой их из зумпфа действующего карьера установлено, что их дебит равен  $3,6 \text{ м}^3/\text{час}$ . В процессе работ на действующем карьере № 2 произведены определение выхода блоков из горной массы, зарисовка забоев карьера и замерены элементы залегания трещины в количестве 427.

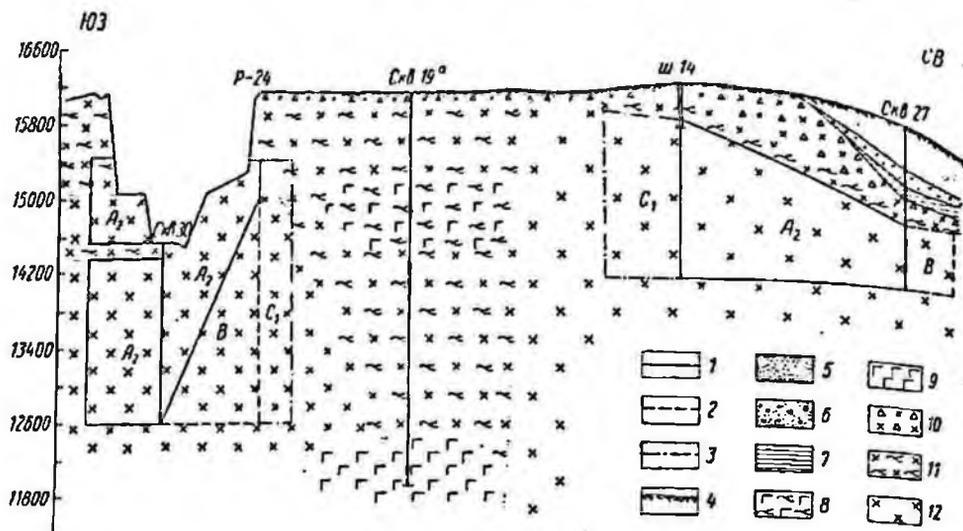


Рис. 340. Геологический разрез Клесовского месторождения диоритов

1 — контур запасов категории  $A_1$ ; 2 — контур запасов категории В; 3 — контур запасов категории  $C_1$ ; 4 — почвенный слой; 5 — песок мелкозернистый; 6 — песок среднезернистый; 7 — глина; 8 — порфирит выветрелый; 9 — порфирит снежный; 10 — дросса гранита; 11 — диорит выветрелый; 12 — диорит снежный

Полезное ископаемое опробовано на всю пройденную мощность по всем выработкам и разновидностям для полного комплекса испытаний. Интервалы опробования изменялись в пределах от 2 до 5 м, достигая в единичных случаях 7 м. Размеры монолита  $25 \times 25 \times 25 \text{ см}$ . По скважинам из керна отбирались цилиндры на раздавливание. Для остальных испытаний керн раскалывался пополам: из одной половины отбиралась проба, вторая оставалась дубликатом. Произведенные испытания приведены в табл. 97.

Таблица 97

Количество испытаний диоритов Клесовского месторождения

Вид испытаний	Количество определений
Временное сопротивление сжатию	66
Износ в барабане Деваля	35
Определение водопоглощения	42
• пористости	42
• объемного веса	42
• удельного веса	42
Определение потерь в весе при истирании на круге	42
Содержание $\text{SO}_3$	38
Минералого-петрографический анализ	8
Заводские испытания	1
Анализы воды	2

Для заводских испытаний диорита как облицовочного материала в северном забое карьера № 2 был отобран блок размером  $0,5 \times 0,7 \times 1,0$  м.

В разведанной части массива установлены зоны: выветривания, затронутая выветриванием и свежих пород.

Зона выветривания прослеживается на всей разведанной площади. Мощность ее колеблется от 1,7 до 9,0 м, а в скв. № 19а, прошедшей в раздробленных породах, резко возрастает до 29,15 м. Выветрелая зона представлена дресвой и выветрелым кварцевым диоритом, рассеченным частыми трещинами и характеризующимся слабой прочностью. Все виды испытаний 11 проб выветрелого кварцевого диорита дали отрицательные результаты. Вследствие этого зона выветривания отнесена во вскрышу, а выработки № 16, 16а и 19а вообще не включены в контур подсчета запасов.

Зона, затронутая выветриванием, выделяется только на участке № 1. Мощность ее не превышает 0,6 м. Породы этой зоны отличаются от свежих слабой бурой окраской и пиритизацией полевых шпатов. По прочности они мало уступают свежим и поэтому отнесены к полезной толще, предназначенной на щебень для обычного бетона.

Свежие породы представлены главным образом кварцевым диоритом; на всей разведанной площади отличаются выдержанностью окраски, текстуры, структуры и минералогического состава; характеризуются монолитностью, высокой прочностью и способностью раскалываться по прямым ровным плоскостям. Определение морозостойкости не производилось на том основании, что водопоглощение испытываемых проб не превышает 0,5%.

Для окончательного выяснения пригодности разведанного сырья участка № 2 на изготовление облицовочного камня произведена заводская обработка кварцевых диоритов на Киевской гранитно-полировочной фабрике: распиловка представленного блока на плиты, шлифовка, полировка и фрезеровка. Испытаниями установлено, что после полировки порода приобретает зеркальную поверхность.

Трещиноватость изучалась в карьере № 2 и по шурфам; по замерам построены круговые диаграммы, из которых видно, что кристаллические породы разбиты тремя системами трещин, образующих между собой углы 78—79°; это обуславливает возможность значительного выхода блоков формы параллелепипеда.

Запасы на участке № 1 подсчитывались до абсолютной отметки 142,07 м, соответствующей забою наиболее глубокой скв. 27, а на участке № 2 — до отметки 138,7 м, являющейся забоем наиболее глубокой скв. 29. Схема классификации запасов приведена на рис. 341.

Ниже приводится в качестве примера подсчет запасов туфобрекчий как активной минеральной добавки в клинкер пуццоланового портландцемента Джидинского месторождения, являющегося сырьевой базой Тимлюйского цементного завода (В. И. Турунхаев и В. Н. Козлова).

Джидинское месторождение туфобрекчий в результате тектонических движений и последующего эрозионного действия р. Джиды разобрано на отдельные участки.

Под названием туфобрекчий объединены как собственно туфобрекчи, так и лавобрекчи. Залегают они на комплексе глин и туфогенных песчаников (рис. 342). В плане туфобрекчи образуют отдельные участки различной конфигурации, которые, по-видимому, являются реликтами некогда сплошного покрова. На месторождении выделено три участка. Мощность покрова на участке № 2 колеблется от 0 до 30 м. Среди туфобрекчий встречены базальтовые тела различных размеров до 5 м и более. Форма тел различная: жилы, прослойки, угловатые обломки и т. д. Туфобрекчи неоднородные; в одних случаях основную массу составляют

обломки темно-серых базальтов, цементированных пепловым, туфовым материалом, в других — преобладает цементирующий материал, а количество обломков базальтов снижается до 1—2%. Лавобрекчин состоят из обломков базальтов, цементированных базальтовым стеклом.

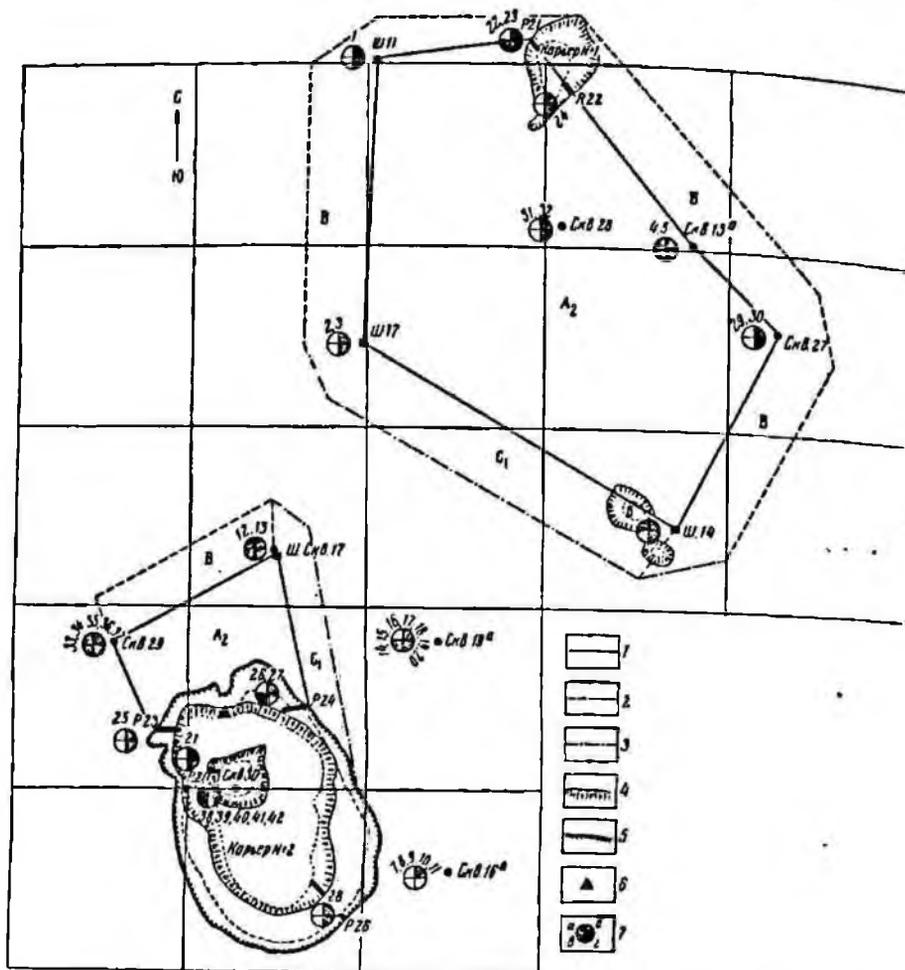


Рис. 341. План подсчета запасов Клеусовского месторождения диоритов

1 — контур запасов категории А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов категории В; 3 — контур запасов категории С<sub>1</sub>; 4 — бровка забоя карьера; 5 — бровка вскрыши; 6 — место взятия монолита для заводских испытаний; 7 — места отбора проб для технических испытаний: сопротивление сжатию после замораживания (а); объемный вес, удельный вес, водопоглощение, пористость, потеря в весе при истирании и содержание SO<sub>2</sub>(б); сопротивление сжатию и водонасыщенному состоянию и коэффициент размягчения (в); сопротивление сжатию в сухом состоянии (г); сверху — номера проб

Джидинское месторождение туфобрекчий представляет собой пологопадающий в юго-восточном направлении покров с невыдержанной мощностью и изменчивым качеством полезного ископаемого. Разведка месторождения осуществлялась канавами, шурфами и скважинами колонкового бурения. Выработки располагались по линиям. Подсчет запасов произведен до отметки поймы р. Джиды (578 м), однако ряд скважин до этого горизонта не добурен.

Учитывая расчлененность рельефа небольшими ложбинами, линии разведочных выработок располагались на водораздельных частях. Расстояния между линиями колебались от 50 до 200 м. Выход керна 89,1—100%, в среднем 95,7%.

С целью определения активности пород, изучения их химического состава, а также технологических свойств все выработки опробовались. Опробование производилось бороздой, сечением  $0,10 \times 0,05$  м секциями по литологическим разновидностям. Всего на определение активности отобрано 820 проб. По данным определения активности составлялись объединенные пробы, по которым изучался химический состав. Суммарная длина всех проб, входящих в объединенные, не превышала 10 м. При химических анализах определялись  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $SO_3$ , п. п. п.,  $R_2O$ ,  $TiO_2$  и  $P_2O_5$ . При сокращенных анализах определялись те же компоненты, исключая  $SO_3$ ,  $TiO_2$  и  $P_2O_5$ .

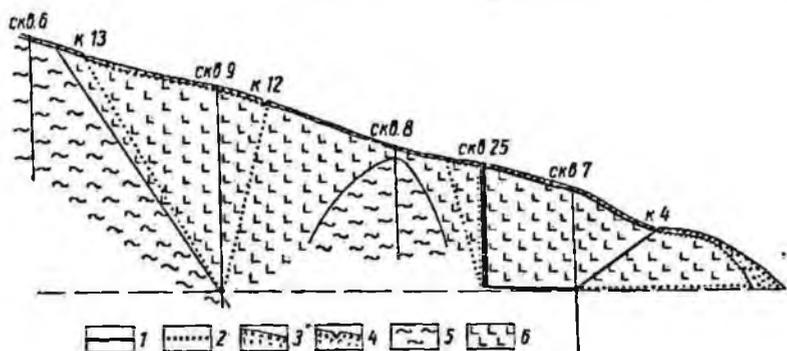


Рис. 342. Геологический разрез Джиджинского месторождения цементного сырья

1 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов кат. С<sub>1</sub>; 3 — почвенно-растительный слой; 4 — каналы; 5 — глины; 6 — туфобрекчи

Всего было выполнено 82 химических анализа. С целью изучения технологических свойств туфобрекчий было отобрано семь технологических проб валовым способом. Первоначальный вес проб колебался от 106 до 440 кг, в дальнейшем он сокращался до 42—60 кг. Объемный вес определялся путем выемки целика в шурфах № 2 и 27.

Основным требованием к гидравлическим добавкам является содержание в них необходимого количества активной кремнекислоты, вступающей во взаимодействие с гидратом окиси кальция, имеющимся в цементе. При этом образуется силикат кальция, который, не растворяясь в воде, создает повышенную крепость цемента. Основным показателем пригодности гидравлических добавок, предназначенных к применению в цементной промышленности, является их активность по поглощению окиси кальция. Величина этой активности за 15 титрований (30 суток), выражаемая в миллиграммах  $CaO$  на 1 г добавки, должна составлять согласно ГОСТ 6269—54 не менее 50 для обычного цемента и не менее 70 для гидротехнического.

Независимо от результатов оценки туфов по активности обязательным, в большинстве случаев, являются последующие испытания их в смеси с клинкером в лабораторных условиях. При этом должна быть выявлена их сульфатостойкость и определена окончательно пригодность их в производстве.

Проведенные испытания свидетельствуют о пригодности туфобрекчий. Базальтовые тела мощностью более 0,5—0,4 м опробовались самостоятельно — они отличаются низкой активностью, составляющей 45—64 мг/г, и непригодны в цементном производстве. Однако удалить их при разработке нельзя, в связи с чем они были подсчитаны вместе; активность, несмотря на общее снижение, остается в пределах кондиций.

При технологических испытаниях изучались активность, химический состав, размалываемость, физико-механические свойства пуццолановых

портланд-цементов. Изучение залегающих во вскрыше глини коры выветривания показало непригодность их в качестве гидравлической добавки при производстве цемента.

Запасы туфобрекчий подсчитаны методом параллельных сечений. В зависимости от степени разведанности (рис. 343) запасы квалифицированы по категориям А<sub>2</sub>, В и С<sub>1</sub>. Месторождение отнесено к группе «а» месторождений неметаллических полезных ископаемых по таблице, определяющей их подготовленность для промышленного освоения.

В качестве примера классификации запасов изверженных пород, используемых в огнеупорной промышленности, приводятся условия классификации запасов дунитов месторождения г. Соловьева (Л. С. Бородин; рис. 344).

Месторождение сложено в различной степени серпентинизированными дунитами. Вблизи дневной поверхности они сильно трещиноваты и выветрены. Зона выветривания иногда достигает мощности 5,5 м. К дунитам приурочена платина, встречающаяся в рассеянном состоянии среди зерен оливина или в хромитовых шлирах, характеризующихся более богатым содержанием платины. Участки с наибольшим скоплением хромитовых шпир образуют рудные тела, обычно незначительных размеров. Более высокие содержания платины характерны для северной части месторождения (район участка Александровский Лог).

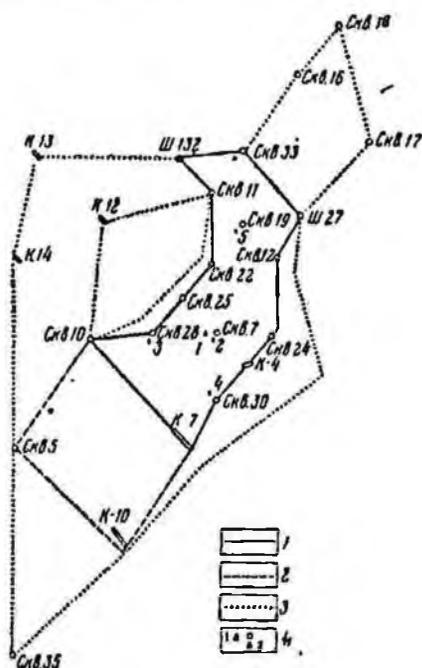


Рис. 343. Схема подсчета запасов Джиндского месторождения цементного сырья

1 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов кат. В; 3 — контур запасов кат. С<sub>1</sub>; 4 — места взятия технологических проб

Гидрогеологические условия месторождения благоприятны для разработки. Полезная толща на глубину проектируемой отработки не обводнена.

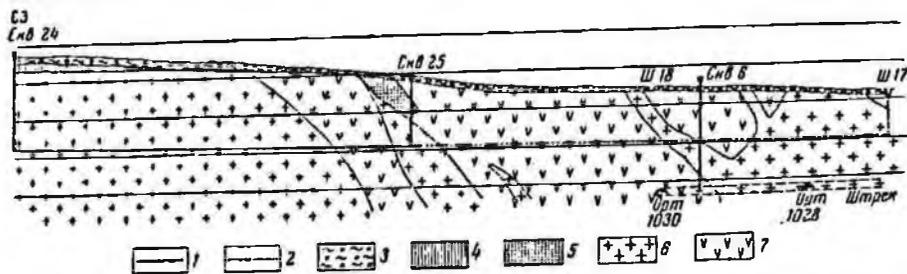


Рис. 344. Геологический разрез месторождения дунитов г. Соловьева  
1 — контур запасов кат. А<sub>2</sub>; 2 — контур запасов кат. С<sub>1</sub>; 3 — дуниты выветрелые; 4 — некондиционные дуниты; 5 — эфемерки черные; 6 — дуниты слабо серпентинизированные; 7 — дуниты сильно серпентинизированные

Месторождение разведано в 1955 г. 26 скважинами, пройденными по 100-метровой сетке, до горизонта 420 м. Выход керна в среднем составлял 87%. Для характеристики месторождения использованы выработки 1939 г., пройденные на участках Высота 455 и Александровский Лог.

Пробы отбирались по скважинам проходки 1955 г. по интервалам 0,5—7,0 м; прослой змеевиков мощностью до 0,5 м при опробовании не выделялись. Опробование шурфов разведки 1939 г. производилось из отвалов путем отбора наиболее свежего дунита. Пробы по скважинам 1939 г. отбирались выборочно и поэтому при составлении отчета не могли быть использованы для качественной характеристики сырья. Всего за 1955 г. отобрано 211 рядовых проб, из которых 191 взята по вновь пройденным скважинам.

По всем отобранным пробам в лаборатории Уральской геофизической экспедиции треста Уралчерметразведка были выполнены химические анализы с определением потерь при прокаливании, кремнезема и окиси магния, кальция, алюминия и железа. Химические анализы на платину, никель, кобальт и окись хрома выполнены в Среднеуральской химической лаборатории того же треста. Содержание платины определено по 110 пробам.

Огнеупорность определялась для 111 проб в лаборатории Невьянского рудоуправления и по 100 пробам — в Свердловском институте огнеупоров.

В целях проверки качества произведенных определений содержания химических компонентов, за исключением содержания платины, в 1955 г. был проведен по 21 пробе внутренний и 29 пробам внешний контроль. Кроме того, были проведены по семи пробам контрольные определения огнеупорности. В целом контрольные анализы подтвердили удовлетворительное качество основных.

Проведенный объем опробовательских и аналитических работ вполне достаточен для определения качества дунитов как огнеупорного сырья; однако для оценки дунитов как платиносодержащих руд он недостаточен, так как содержание платины определено не по всем отобранным пробам, а выборочно, что не дает полной характеристики качества руды и распределения платины.

Оценка качества дунитов как сырья для производства форстеритового кирпича производилась в соответствии с условиями, предусматривающими содержание окиси магния в прокаленном веществе не менее 42%, а окиси кальция не более 0,4% при весовом отношении окиси магния к кремнезему не менее 1,1 и огнеупорности не ниже 1750° С.

Дуниты разведанного месторождения характеризуются сравнительно постоянным химическим составом.

Технологические полужаваловые испытания дунитов месторождения г. Соловьева не производились. Однако возможность использования их огнеупорной промышленностью не вызывает сомнения, так как аналогичные по качеству дуниты Уктусского месторождения на протяжении многих лет с успехом используются промышленностью для изготовления форстеритового кирпича.

Из дунитов разведанного месторождения, независимо от степени их серпентинизации, с добавкой 10—25% тонкомолотого магнезита возможно получение форстеритового кирпича, однако изделия из слабо серпентинизированных разновидностей дунита будут обладать более высоким качеством и могут быть использованы для изготовления более ответственных огнеупорных изделий. Содержания никеля, кобальта и платины в дунитах незначительны. Однако, учитывая наличие богатых содержащий платины, связанных с хромитовыми шлирами, не обнаруживающихся сетью скважин, принятой в 1955 г., можно считать, что имеющихся материалов недостаточно для окончательной характеристики месторождения в отношении платиноносности. При обработке дунитов вполне возможно выявление отдельных хромитовых шпир, с которыми связаны более или менее значительные содержания платины.

Запасы дунитов как сырья для огнеупорной промышленности подсчитаны методом вертикальных параллельных сечений с учетом подвешивающей на их качество. Запасы подсчитаны до горизонта 420 м. Количество некондиционных дунитов при подсчете определено статистически. Учитывая, что прослой некондиционных дунитов пространственно не увязываются, закономерности в их распределении не установлены, селективная отработка кондиционных и некондиционных дунитов возможна только при проведении химических анализов, запасы дунитов подсчитаны валовые с указанием ориентировочного выхода некондиционных пород.

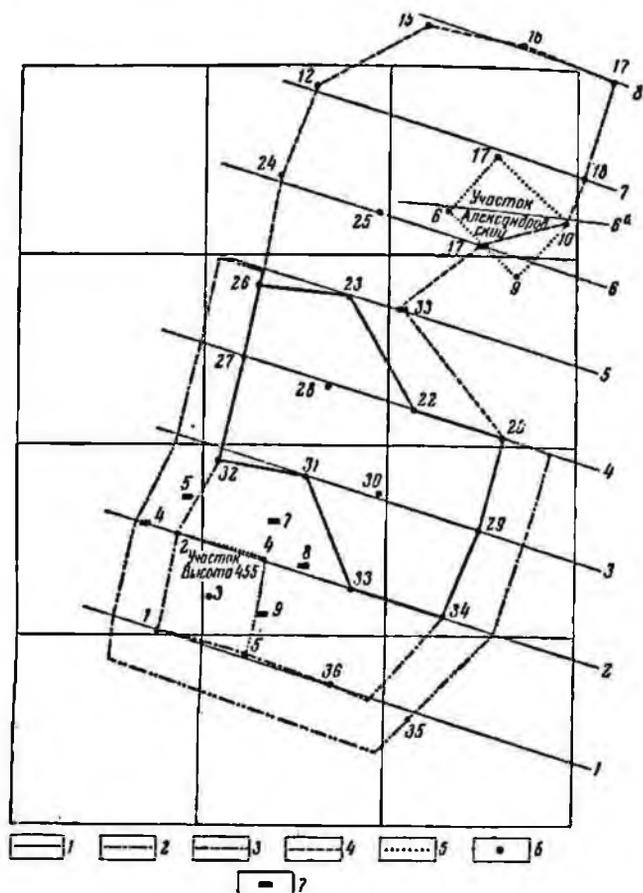


Рис. 345. Схема классификации запасов месторождения дунитов г. Соловьёва

1 — контур запасов кат. А; 2 — контур запасов кат. В; 3 — контур запасов кат. С<sub>1</sub>; 4 — контур участка, в пределах которого содержится забалансовые запасы; 5 — контур запасов дунита, утвержденных в 1911 г.; 6 — склизина; 7 — шурф

В пределах блоков с промышленными запасами дунита подсчитаны запасы платины, являющиеся в настоящее время в связи с ее низким содержанием забалансовыми.

Считается возможным проводить разработку дунитов как сырья для огнеупорной промышленности только в южной части месторождения; запасы утверждены в соответствии со степенью разведанности по категориям А<sub>2</sub>, В и С<sub>1</sub> (рис. 345). Учитывая, что в южной части возможно также наличие платиноносных хромитовых шпир, было рекомендовано проводить при эксплуатации опробование с целью установления промышленных концентраций платины.

### 3. Классификация запасов месторождений магматогенного происхождения

К группе месторождений магматогенного происхождения относятся пегматитовые и гидротермальные месторождения. Из неметаллических полезных ископаемых в эту группу включаются месторождения полевых шпатов, магнезита, слюды, асбеста, флюорита, барита, виверита, корунда, наждака, серного колчедана и др. Классификация запасов большинства из указанных выше месторождений существенно не отличается от классификации запасов рудных месторождений аналогичного происхождения. Специфические особенности имеет классификация запасов слюды (мусковита и флогопита), вследствие чего ниже приводятся условия и примеры классификаций запасов этих месторождений.

Месторождения слюды (мусковита и флогопита). Промышленные месторождения мусковита и флогопита приурочены, как правило, к толще докембрийских кристаллических сланцев и представлены несколькими структурно-геологическими типами. Несмотря на различие в геологических условиях образования месторождений мусковита и флогопита, многообразие их структурно-морфологических типов, в инструкции ГКЗ по применению классификации запасов слюды, разработанной Г. Г. Родиновым, Б. М. Роненсоном, П. Н. Марковым и методическим отделом ГКЗ, все месторождения мусковита и флогопита по признакам, определяющим методику разведки, опробования и подсчета запасов, с некоторой условностью подразделяются на три группы.

К I группе относятся крупные слюдоносные жильные тела и зоны значительных размеров по простиранию, но относительно небольшой протяженности на глубину. Из месторождений флогопита в эту группу может быть включено большинство флогопитоносных тел Тимптонских месторождений на Алдае и слюдоносные тела рудников № 2 и 3 Слюдянского района, представленные крупными зонами мощностью в несколько десятков метров и протяженностью в 200—500 м, состоящими из скопления мелких жил, гнезд и отдельных кристаллов флогопита на участках диопсидовых пород, причем в качестве рудного тела рассматривается зона в целом, а не отдельные гнезда и жилы. Содержание флогопита по зонам обычно колеблется в пределах нескольких десятков килограммов на кубический метр и с глубиной, как правило, снижается. Из месторождений мусковита в эту группу могут быть включены наиболее крупные жилы, выдерживающиеся по простиранию на 150—300 м и более, обычно значительной мощности — от нескольких метров до 20—30 м в раздувах. Протяженность ослуженения на глубину в большинстве случаев невелика и выражается несколькими десятками метров. Жилы этой группы месторождений широко развиты в Мамском районе (пластинообразные жилы № 83 рудника Колотовка, № 9 гольца Стариковского, продольносекущие жилы № 53 Чуйского рудника и № 16 рудника Луговка), на рудниках Тедино и Плотина в Карелии и т. д.

Ко II группе относятся слюдоносные жильные тела относительно небольших размеров по простиранию, но протяженные на глубину. Характерным примером этой группы являются поперечносекущие жилы. Длина их по простиранию определяется мощностью пласта вмещающих пород, за пределы которого они обычно не прослеживаются, и, как правило, не превышают 60—80 м. По падению эти жилы прослеживаются иногда более чем на 100 м, мощность их бывает 5—15 м (жила № 64 Колотовского месторождения, № 58 — Луговки, № 23, 28, 44 — Малого Северного и др.). В эту же группу могут быть включены и «седловидные» жилы, отличающиеся сложной формой. При небольших размерах по простиранию они имеют мощность 10—12 м, а по падению часто прослеживаются более чем на 100 м (жилы № 30—32 Колотовского месторождения и № 4 Енского месторождения). На месторождениях флогопита в эту группу

могут быть включены «лестничные» жилы в толщах метаморфических пород. Обычная длина этих жил по простиранию 10—30 м, по падению — несколько больше, мощность редко превосходит 1,5 м. Содержание флюопита достигает нескольких сотен килограммов на кубический метр породы и с глубиной я с уменьшается.

К III группе относятся небольшие и мелкие слюдоносные жильные тела и гнезда с размерами по простиранию и по падению, не выходящими за пределы первых десятков метров. Сюда включаются линзовидные и четкообразные мусковитоносные жильные тела. Содержание мусковита в таких телах часто высокое (мелкие тела в Мамском районе и на Кольском п-ове).

В отличие от других полезных ископаемых, где группа месторождений определяется для всего месторождения или реже для более или менее крупного участка его, на месторождениях слюды встречаются слюдоносные тела различных групп. Обычно особенно на первых стадиях разведочных работ группа разведанного тела определяется условно и при выполнении необходимого объема работ представление о геологическом строении слюдоносного тела уточняется и вместе с тем окончательно устанавливается принадлежность его к той или иной группе.

Промышленная ценность месторождений слюды определяется количеством запасов, содержанием слюды в рудном теле, ее номерным составом и электротехническими свойствами. В соответствии с этим в инструкциях ГКЗ разработаны общие требования к методике разведки и изучения месторождений слюды, обеспечивающие установление указанных выше показателей.

Вследствие сложности строения слюдоносных тел, требующих значительной затраты средств на их разведку, обычно в процессе разведочных работ выявляются лишь запасы категорий  $C_1$  и  $C_2$ , причем первые принимаются в обоснование проектирования горнодобывающих предприятий. Запасы более высоких категорий В, а иногда и  $A_2$  получаются чаще всего при подготовке месторождения к эксплуатации или вследствие наличия горноэксплуатационных выработок.

Разведка слюдоносных тел производится обычно с поверхности — канавами. Для выяснения формы, размеров и строения слюдоносных тел на глубоких горизонтах применяют колонковое бурение. Иногда, когда установлено, что эксплуатация будет вестись подземным способом, или при разведке слепых жил, глубокие горизонты слюдоносных тел разведываются горными выработками; последние, если установлена промышленная ценность жилы, должны иметь сечение, позволяющее использовать их при эксплуатации. Диаметр буровых скважин при пересечении рудных тел рекомендуется не менее 75 мм, выход керна не менее 80%. Слюдоносные жилы и зоны, выходящие на дневную поверхность, прослеживаются канавами или траншеями, задаваемыми вкrest простирания. Расстояния между канавами определяются в зависимости от группы жилы, однако число опробованных пересечений должно быть тем больше, чем сильнее колебание содержания слюды в данном слюдоносном теле, чем больше изменчивость мощности жильного тела и сложнее его строение. Канавы должны пересекать зону ослуждения от одного контакта до другого и должны быть пройдены по возможности до глубины, на которой сохранились первичные структуры пород и основной их минералогический состав.

Подземная разведка слюдоносных тел, вследствие большой мощности их, производится чаще всего последовательной проходкой ортов, пересекающих слюдоносные тела вкrest простирания от контакта до контакта. Скважины при разведке глубоких горизонтов располагаются друг от друга на расстояниях, обеспечивающих экстраполяцию жилы по простиранию и на глубину, а также ориентировочное определение объема

жильного тела и выявление слюдоносности без количественной ее оценки. В инструкции ГКЗ приводятся ориентировочные данные о плотности разведочной сети, практически применяемой при разведке месторождений слюды, причем принятая плотность должна быть обоснована в каждом конкретном случае и может существенно отличаться от приведенной в табл. 98, если будет доказана геологическая обоснованность и целесообразность такого отклонения.

Таблица 98

Плотность сети при разведке месторождений слюды

Группа м-ний	Вид разведочных выработок	Расположение выработок	Расстояния между выработками, м			
			категория В		категория С <sub>1</sub>	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
I	Канавы, орты, штреки, скважины	Вкрест простиран.	20	—	20	—
		По простир.	—	20—40	—	—
		По линиям	—	—	40—80	20—40
II	Канавы, орты, штреки, скважины	Вкрест простиран.	10—20	—	10	—
		По простир.	—	20—40	—	—
		По линиям	—	—	20—40	20—40
III	Канавы, скважины	Вкрест простиран.	—	—	До 10	Отдельные подсечки.

Способ опробования слюдоносных тел определяется размерами кристаллов слюды и необходимостью их сохранения в жильном теле. Вследствие этого опробование слюдоносных тел производится валовым способом с достаточным объемом проб. В канавах пробы берутся по дну канавы секциями, что позволяет выявить зональность в распределении слюды. Целесообразные объемы проб могут быть определены лишь экспериментально; обычно в практике установлены размеры отдельных секций длиной 2,5 м и объемом 3 м<sup>3</sup>, однако, иногда при разведке тел с мелкими кристаллами слюды объем проб может быть снижен до 0,5 м<sup>3</sup>. Обязательным при опробовании является соблюдение размеров сечения. Пробы отбираются из неразрушенного слюдоносного тела. Слой выветрелой слюды должен быть снят. Опробование по подземным горным выработкам производится путем учета слюды, добытой при проходке каждые 2—5 м горной выработки. Учет добычи производится на всем протяжении выработки без перерыва. При разведке бурением, для получения подсчетных количественных данных о содержании и главным образом о сортности слюды опробования по керну недостаточно. Однако данные изучения керна безусловно полезны при оконтуривании слюдоносных тел, а в отдельных случаях (в сочетании с горными выработками) могут давать указания и о качестве слюды.

Для определения номерного состава слюды полученный при опробовании забойный сырец перерабатывается на промышленный, от которого отбирают количество, обеспечивающее правильную характеристику слюды при дальнейших ее испытаниях. Практически для бедных жил берется весь полученный промышленный сырец, а для богатых 50—100 кг.

Кроме определения номерного состава слюды, для новых месторождений производится исследование электротехнических свойств слюды. Для проведения таких испытаний из разных частей жилы отбирается по несколько кристаллов каждой разновидности слюды общим весом 5—8 кг.

Электрофизические исследования производятся специальными лабораториями. Слюда флогопит всех месторождений испытывается также на нагревостойкость. Для этой цели от каждой пробы, а в случае мощных тел — от каждой секции отбирается несколько кристаллов флогопита разных размеров общим весом 2—5 кг. Испытания производятся в лабораториях в соответствии с ГОСТ 3028—54. При разведке месторождений слюды должен быть установлен объемный вес для каждой структурно-минералогической разновидности. В результате разведочных работ должны быть охарактеризованы физические свойства вмещающих и жильных пород — крепость, трещиноватость, устойчивость в горных выработках. Необходима также характеристика гидрогеологических условий месторождения, которая должна содержать определение величины возможного притока воды в момент вскрытия месторождения и возможного притока при эксплуатации.

В ряде случаев пегматитовые жилы, несущие мусковитовое оруденение, могут рассматриваться как керамическое сырье. С целью комплексного изучения месторождения, пробы, отобранные для определения содержания слюды, могут служить и для оценки керамических свойств пегматита. Качество керамического сырья и его пригодность определяются химическим и технологическим исследованиями в соответствии с ГОСТ 7030—54, для чего от каждой разности сырья, полученной при разборке валовых проб (кусовой кварц, микроклин, микроклиповый пегматит, плагиоклазовый и смешанный пегматит), отбираются специальные пробы, характеризующие различные зоны жилы. Выход отдельных видов керамического сырья определяется в весовых процентах.

Запасы слюды подсчитываются в тоннах. Подсчет запасов производится на топографической или маркшейдерской основе масштаба 1 : 1000, 1 : 500 или 1 : 200.

Учитывая, что месторождения слюды отличаются сложностью строения и неравномерным распределением слюды в слюдоносных телах запасы категорий А<sub>1</sub> и А<sub>2</sub> обычно не выявляются.

К категории В могут быть отнесены запасы мусковита и флогопита в блоках, разведанных и оконтуренных горными выработками. Для отнесения запасов к категории В необходимо, кроме указанных выше общих требований, соблюдение следующих условий:

а) форма, размеры, условия залегания и строение слюдоносных тел должны быть изучены, основные закономерности в распределении слюды выявлены, средняя мощность слюдоносной зоны установлена в целом для контура запасов категории В и для крупных блоков;

б) среднее содержание слюды определено, качество слюды детально изучено по данным опробования; электротехническая характеристика слюды, а для флогопита и нагревостойкость установлены соответствующими испытаниями или определены на основании опыта промышленного использования;

в) гидрогеологические условия месторождения и условия его разработки изучены; режим подземных вод охарактеризован качественно и количественно, определена величина притока в горные выработки;

г) запасы подсчитаны в контуре опробованных горных выработок, пройденных не менее чем на двух горизонтах, включая и горизонт канавных работ, причем принадлежность слюдоносных контуров, встреченных на разных горизонтах, к одной и той же слюдоносной зоне геологически обоснована или доказана проходкой восстающего.

Для отнесения запасов к категории С<sub>1</sub> необходимо, чтобы:

а) форма, размеры, условия залегания и строения слюдоносных тел были установлены по данным детального изучения на одном горизонте и на основании буровых скважин или геологических данных:

б) среднее содержание слюды определено на основании опробования на одном горизонте и геологических данных; качество слюды детально изучено по данным опробования; электротехническая характеристика слюды, а для флогопита также и нагревостойкость, установлены соответствующими испытаниями или определены на основании опыта промышленного использования;

в) гидрогеологические условия месторождения и условия его разработки изучены предварительно или оценены по аналогии с изученными участками того же месторождения или района;

г) запасы подсчитаны в блоках, ограниченных детально разведанным и опробованным горизонтом и условным контуром, построенным на основании геологически обоснованной экстраполяции с учетом данных буровых скважин.

Запасы категории  $C_2$  на месторождениях слюды подсчитываются на основании изучения структуры месторождения с учетом данных о морфологии, строении и мощности рудных тел, установленных на аналогичных разведанных участках месторождения. Запасы категории  $C_2$  подсчитываются в пределах контуров, примыкающих к запасам категории  $C_1$ , построенных на основании геологических данных, подтвержденных опробованием слюдоносных тел в отдельных точках.

Разработка проектов и выделение капиталовложений для строительства горнодобывающих предприятий могут быть осуществлены на основе запасов категории  $C_1$ , однако, при этом необходимо, чтобы условия разработки месторождения, его гидрогеологические условия, качество и технология переработки полезного ископаемого были выяснены достаточно полно.

Ниже в качестве примера классификации запасов приводится характеристика Федоровского месторождения флогопита (Я. Н. Загибалов, Д. Г. Кочелаев и др.).

Федоровское месторождение входит в группу Тимптонских месторождений флогопита Алданского района. Район месторождений сложен архейскими метаморфическими породами, представленными разнообразными гнейсами, кристаллическими сланцами, доломитизированными мраморами, диопсидовыми породами и приуроченными к ним пегматитами и гранитами. В районе Тимптонских месторождений метаморфическая толща разделена на восемь горизонтов, к двум из которых — легниерскому и десовскому, — сложенным переслаивающимися сланцами и диопсидовыми породами, приурочены промышленные месторождения. Флогопит встречается в диопсидовых породах в виде единичных кристаллов, гнезд и маломощных жил. Диопсидовые породы залегают среди сланцев и гнейсов в виде слоев, пропластков и неправильных тел. Промышленные скопления флогопита приурочены к контактному зонам диопсидовых пород с пегматитами и гранитами. Слюдоносные зоны Федоровского месторождения характеризуются сложной морфологией: они не выдержаны по мощности, часто пересекаются телами гранитов и других пород. Изменчивость форм слюдоносных тел по простиранию значительно меньше, чем по падению. В пределах горизонта зоны довольно хорошо прослеживаются на 50—200 м, в то время как по падению обычно трудно увязываются два горизонта, пройденные на расстоянии 40—50 м друг от друга, так как зона ослюденения резко меняется по мощности, появляются новые тела гранитов и сланцев.

Месторождение разведывалось с поверхности шурфами и канавами, располагающимися в основном через 20—40, иногда через 10 м друг от друга и вскрывающими слюдоносную зону на полную мощность. На глубину разведка производилась шурфами с рассечками, штольнями с ортами и скважинами колонкового бурения. Глубина шурфов составляла 20—25 м, расстояние между ними 40—50 м, количество шурфов

определялось длиной зоны ослюденения. Скважины колонкового бурения закладывались по сети или по простиранию зоны через 40—50 м. Канавы, вскрывающие зону ослюденения на полную мощность, опробовались секциями задиркой полотна на глубину 0,8 м. Опробование подземных горных выработок производилось путем учета флогопита, добываемого с интервала уходки длиной 2,5 м. Объем проб по горным выработкам колебался от 3 до 20 м<sup>3</sup> и чаще составлял 7—12 м<sup>3</sup>. Объем проб по канавам составил от 0,8 до 3 м<sup>3</sup>.

Извлеченный из отдельных проб, взятых из одной канавы, флогопит-сырец объединялся и подвергался обработке. При весе слюды в целом по канаве более 400 кг пробы, поступающие на обработку, предварительно сокращались в два раза. При подсчете средних содержаний по блокам приняты, кроме данных опробования разведочных выработок, и данные эксплуатации. Средние содержания вычислялись как среднеарифметические из проб для выработки, из выработок — для блоков и т. д. Вследствие того, что при эксплуатации учитывается обычно только фактически добытая слюда, была введена поправка на слюду, не полностью выбранную из породы и оставленную в отвалах, т. е. введена поправка на потери, достигающая для отдельных блоков 10%.

Подсчет запасов произведен в соответствии с кондициями, согласно которым в балансовых рудах минимальное промышленное содержание принимается равным  $20 \frac{\text{кг} \cdot \text{с.м}^3}{\text{м}^3}$ , минимальное бортовое —  $5 \text{ кг/м}^3$  или  $5 \frac{\text{кг} \cdot \text{с.м}^2}{\text{м}^2}$  при минимальной выемочной мощности равной одному метру.

Проведенное опробование и расколка показали, что содержание флогопита в отдельных блоках участка Южного колеблется от 10 до 185,6 кг/м<sup>3</sup>, а качественный (балансовый) показатель от 20,9 до  $307,6 \frac{\text{кг} \cdot \text{с.м}^2}{\text{м}^3}$ .

Следует отметить, что в методике вычисления среднего балансового показателя по выработкам и блокам часто допускаются ошибки. Это объясняется в основном тем, что оконтуривание участков, несущих промышленное ослюденение, в подавляющем большинстве случаев производится по величине слюдонасыщения, и балансовые показатели отдельных проб, а иногда и выработок не вычисляются. Так, например, на рассматриваемом нами Федоровском месторождении средний процент выхода колотой слюды по номерам вычисляется по всем пробам всех горизонтов, а на Лигриерском месторождении этого же района сначала вычислялись средние проценты выхода для каждого горизонта и между ними бралась среднеарифметическая величина. Отсутствие вычислений балансовых показателей для отдельных проб, выработок и горизонтов не позволяет установить закономерность изменения качества слюды в пределах зоны, а незнание этих закономерностей не позволяет выбрать правильную методику определения средних данных.

Для выбора правильного способа вычисления среднего балансового показателя необходимо установить характер распределения качества слюды в зоне и в случае, если будет установлено, что это качество меняется в зависимости от мощности или протяженности зоны, средний балансовый показатель должен вычисляться как средневзвешенный на величину, от которой он зависит; если закономерности установлено не будет, то вычисление балансового показателя производится как среднее арифметическое. Чтобы устранить зависимость вычисленного среднего балансового показателя по зоне или блоку от количества сечений в пределах выработки, этот показатель должен вначале вычисляться для отдельной выработки, затем — средний для горизонта; из полученных данных по горизонтам — средний по блоку и т. д.

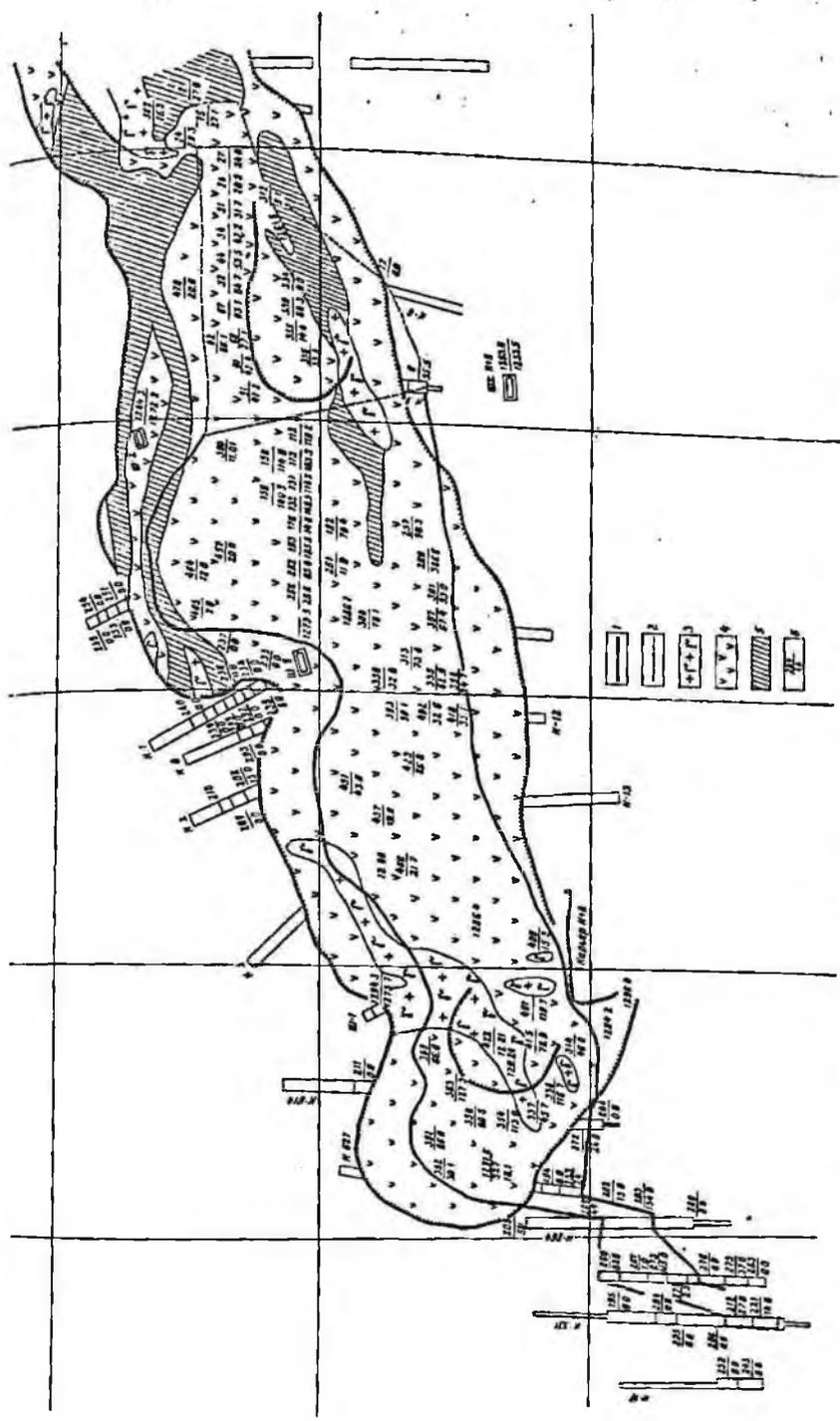


Рис. 316. План поверхности Федоровского месторождения флюорита (по Я. Н. Загибинову)  
 1 — контур заласа кат. С<sub>1</sub>; 2 — контур заласа кат. С<sub>2</sub>; 3 — граниты; 4 — различные аномальные породы; 5 — сланцы и глинсы; 6 — верхняя цифра  
 показывает № проб, нижняя — мощность

Учитывая, что Федоровское месторождение эксплуатируется, пробы для изучения технических свойств слюды не отбирались. В верхних горизонтах флогопит гидратирован, однако при проведении разведочных работ степень гидратации и границы распространения гидратированного флогопита не установлены, что является упущением разведочных работ.

Запасы подсчитаны по категории  $C_1$  в пределах зоны, околонтуренной с поверхности карьером и канавами, а на глубине — штреками с ортами (рис. 346, 347). Несмотря на большую плотность разведочных выработок, пройденных по простиранию, вследствие больших расстояний между горизонтами подземных выработок, не позволяющих достаточно надежно увязать между собой разведанные горизонты, запасы отнесены к категории  $C_1$ . Отсутствие данных по гидратации флогопита также сказалось на классификации запасов. Запасы, подсчитанные в зоне экстраполяции или по данным буровых скважин, отнесены к категории  $C_2$ .

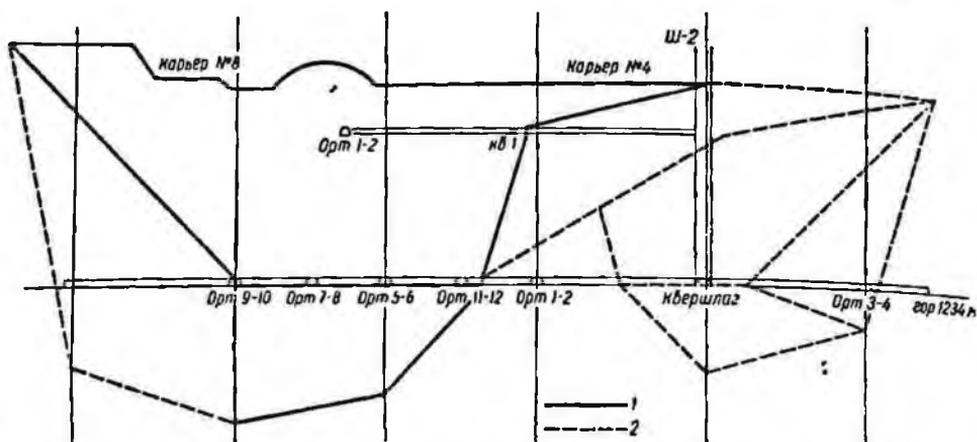


Рис. 347. Схема классификации запасов флогопита Федоровского месторождения  
Прогноция на продольную вертикальную плоскость

1 — запасы кат.  $C_1$ ; 2 — запасы кат.  $C_2$

В качестве примера классификации запасов месторождений мусковита приводится характеристика месторождения Высокого в Мурманской области (М. И. Ухова).

Месторождение сложено метаморфическими породами архейского возраста, подразделенными на тринадцать горизонтов, среди которых три являются продуктивными.

Пегматитовые жилы секут толщу гнейсов вкрест простирания и залегают кулисообразно. Четвертичные породы представлены элювиальными и делювиальными отложениями общей мощностью около 8,5 м. В структурном отношении месторождение приурочено к ядру и верхним частям северо-западного и юго-восточного крыльев Рекалатвинской антиклинали.

Разведанные жилы № 11, 17 и 19 расположены в пределах горы Жильной и сложены пегматитом плагио-микроклинового состава. Мусковит в жилах образует гнездовые скопления, равномерно распространенные по всему жильному телу. Проводимая в качестве примера жила № 11 представляет собой довольно правильное и выдержанное пластообразное тело длиной 190 м с отчетливыми контактами; по простиранию и падению постепенно выклинивается и на глубине 130 м мощность ее составляет 0,40 м. По характеру залегания жила секущая. Средняя ее мощность на поверхности 1,77 м, а средняя общая мощность (с учетом данных бурения) 1,56 м.



и подсекшими пегматитовую жилу на глубине от 56 до 134 м. Выход керна по пегматиту колебался от 59 до 100%. Жила опробована с поверхности в 18 сечениях. С целью обеспечения возможности получения достаточной по объему пробы канавы в участках опробования расширились до необходимых размеров. Пробы в канавах отбирались на всю мощность жилы. При мощности более 4 м опробование производилось по интервалам 2,5—3,0 м. Всего по канавам отобрано 18 проб, из которых определение полезного состава и выхода колотой слюды произведено в 16 пробах; две пробы, взятые в местах вклинивания жилы, из-за малого их веса на расколку не отправлялись.

Кроме опробования в канавах, были проведены опытные работы по определению содержания слюды в кернах, однако результаты этих работ не были подтверждены данными, полученными по горным выработкам, и поэтому для количественной характеристики сырья не использовались, а служили лишь указанием о том, что жилы на глубине подсекались скважинами сохраняют ослюденение. По данным разведки с поверхности содержание слюды в жиле определено в 35,48 кг/м<sup>3</sup> и колеблется в отдельных пробах от 3,92 до 105,86 кг/м<sup>3</sup>. Преобладающими номерами являются 5—8, первые номера (1—4) встречаются довольно редко. Средний выход колотой слюды 28,04%. Средний балансовый показатель 75,40 кг · см<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Запасы жилы подсчитаны методом среднеарифметического по категории С<sub>1</sub> в контуре трапеции, верхним основанием которой служит длина жилы с промышленным ослюденением на поверхности, нижним — линия, соединяющая точки пересечения осевой плоскости жилы со скважинами № 3 и 9 (рис. 348). При определении средней мощности учтены данные по скважинам. Запасы категории С<sub>2</sub> подсчитаны путем экстраполяции полотну на глубину, равную 0,25 длины нижней границы контура блока подсчета запасов по категории С<sub>1</sub>. Средняя мощность в блоке категории С<sub>2</sub> определена по скважинам № 7 и 5. Средние содержания и средний балансовый показатель приняты по данным поверхности, так как проведенные работы по опробованию керна подтвердили, что ослюденение на глубину не пропадает.

Учитывая, что месторождение Высокое промышленностью еще не освоено и технические свойства слюды разведанного месторождения еще не изучены, было отобрано шесть проб для производства технических испытаний. В результате проведенных исследований на Ленинградской слюдяной фабрике установлена пригодность мусковита месторождения Высокое для изготовления слюды щипаной (по ГОСТ 3028—54), конденсаторной (по ВТУ № 660—50, 662—50, 658—50) и прокладочной (по ВТУ № 1—53).

## ГЛАВА XV

### КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ НЕФТИ И ГАЗА И УСЛОВИЯ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Современная классификация запасов месторождений нефти и газа введена в действие 4 ноября 1953 г., а инструкция по применению классификации запасов к месторождениям нефти и газа утверждена Председателем Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР 31 мая 1955 г.

В соответствии с этими документами ниже изложены основы классификации запасов нефтяных и газовых месторождений.

#### Общие положения

Классификация запасов месторождений нефти и газа устанавливает принципы подсчета и учета запасов нефти и газа в недрах, а также принципы определения подготовленности запасов для промышленного освоения в зависимости от степени изученности месторождений.

Запасы нефти и газа в недрах разделяются на две группы, подлежащие отдельному учету:

балансовые, удовлетворяющие условиям и горнотехническим условиям эксплуатации; в числе балансовых запасов нефти выделяются и учитываются запасы извлекаемые, т. е. запасы, которые можно извлечь при наиболее полном и рациональном использовании современной техники;

забалансовые, которые вследствие низкого качества нефти и газа малой производительности скважин, ограниченности запасов или особой сложности условий эксплуатации не могут быть введены в разработку в настоящее время, но могут рассматриваться как объект для промышленного освоения в дальнейшем.

Запасы нефти и газа указанных групп утверждаются в количествах соответственно их наличию в недрах. Запасы нефти подсчитываются в тысячах тонн, запасы газа — в миллионах кубических метров, приведенных к стандартным условиям. Пластовые давления для газовых месторождений приводятся и выражаются в абсолютных атмосферах (*ата*).

Применение классификации запасов к отдельным типам месторождений нефти и газа определяется инструкцией ГКЗ полезных ископаемых.

## Категория запасов

Запасы нефти и газа по степени изученности месторождений подразделяются на пять категорий:  $A_1$ ,  $A_2$ , В,  $C_1$ ,  $C_2$ , которые определяются нижеследующими условиями:

Категория  $A_1$  — запасы, которые могут быть получены из скважин эксплуатационного фонда; условия залегания газонефтяных залежей, их режим, качественный состав нефти или газа изучены на опыте эксплуатации скважин.

Категория  $A_2$  — запасы, детально разведанные на площади, околонтурной по данным скважин, давших промышленные притоки нефти или газа; условия залегания, характер изменений коллекторских свойств продуктивных горизонтов, качественный состав нефти и газа и основные показатели, характеризующие условия разработки (режим скважин, давление, проницаемость коллекторов), изучены на основании эксплуатации разведочных скважин и специальных лабораторных исследований.

Категория В — запасы на площади, промышленная нефтегазоносность которой доказана наличием скважин с благоприятными показателями образцов пород, каротажа и получением промышленного притока нефти или газа не менее чем в двух скважинах; структура месторождения установлена, по условиям залегания, характер изменений коллекторских свойств и распространение продуктивных горизонтов выявлены приблизительно, имеются анализы нефти и газа. При указанных условиях и отсутствии резких литологических изменений или выклинивания горизонта к категории В относятся запасы в контуре изогипсы, соответствующей наиболее низкой отметке данного горизонта, с которой скважинами был получен промышленный приток нефти и газа; в случае резких литологических изменений или выклинивания горизонта к этой категории относят запасы площади, подсчитанные по скважинам с положительными данными опробования и благоприятными показателями каротажа, а также запасы в контуре экстраполяции от категории  $A_2$  на величину, не превышающую половины расстояния между скважинами для категории  $A_2$ , в соответствии с данными табл. 99 при условии, что экстраполируемый контур геологически обоснован и не выходит за изогипсу, соответствующую наиболее низкой отметке, с которой скважиной был получен приток нефти (или газа).

Категория  $C_1$  — запасы новых площадей и новых горизонтов на разрабатываемых площадях, в которых хотя бы в одной скважине получен промышленный приток нефти или газа; запасы отдельных блоков и полей, прилегающих к площадям с запасами более высоких категорий; запасы площадей, в пределах которых, ввиду резких литологических изменений или выклинивания горизонтов, продуктивность недостаточно подтверждена пробуренными скважинами.

Категория  $C_2$  — запасы, подсчитанные на площадях, расположенных в пределах нефтегазоносных провинций по горизонтам, продуктивность которых установлена на других месторождениях и на данной площади предполагается на основе благоприятных геологических и геофизических данных.

Категории запасов по нефтяным месторождениям, предназначенным для разработки шахматным или карьерным способом, определяются в соответствии с условиями классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых.

### Требования к изучению качества нефти и газа

Нефть по химическому составу, физическим свойствам и товарным качествам весьма разнообразна.

Эти свойства обязательно должны быть установлены и подробно описаны при подсчете запасов с учетом основных требований ГОСТ 912—46,

так как они определяют условия разработки месторождений и направление ее использования. Важнейшей характеристикой пластовой нефти, влияющей на условия эксплуатации и коэффициент отдачи, является содержание в ней растворенных газов, от которых зависит ее удельный вес, усадка, вязкость, давление насыщения и газовый фактор. Эти данные должны быть изучены при разведке.

Природные газы в земной коре встречаются: 1) в виде свободных газовых скоплений, 2) растворенные в нефти, 3) растворенные в воде и 4) оклюдированные каменноугольными пластами. Наибольшее промышленное значение имеют первые две группы, рассматриваемые ниже. Газы, растворенные в подземных водах, вследствие малой концентрации практически почти нигде не используются, несмотря на большие абсолютные цифры запасов. Газы каменноугольных пластов начали добывать только в самое последнее время, причем способы их эксплуатации весьма своеобразны и пока еще мало разработаны. Условия залегания и методика подсчета запасов чисто газовых месторождений, газовых шапок и растворенных в нефти (попутных) газов нефтяных месторождений различны, поэтому запасы их должны подсчитываться и учитываться отдельно.

Природные газы представляют собой смесь различных газов, основной и наиболее ценной составной частью которых являются горючие газы (углеводороды); промышленное значение имеет также гелий; азот и углекислота в природных газах представляют балласт, который при высоком содержании снижает их калорийность, а, следовательно, и ценность; сероводород представляет вредную примесь, вследствие своей ядовитости и высокой коррозионной способности; аргон является весьма важным геохимическим индикатором, определяющим степень обогащения природными газами данного участка земной коры.

Удельный вес, сжимаемость и теплотворная способность горючих газов, а также направление их промышленного использования зависят от состава входящих в них углеводородов.

ГОСТ на природные газы не установлен, поэтому при характеристике природных газов необходимо определять их химический состав с указанием содержания в объемных процентах метана, тяжелых углеводородов, сероводорода, углекислоты, азота, аргона и гелия. Обязательно должны приводиться также удельный вес газа и теплотворная способность его. Для газов, характеризующихся повышенным содержанием тяжелых углеводородов, должны указываться данные содержания бензина в граммах на кубометр или для газоконденсатных месторождений — конденсата в тех же единицах.

### Классификация нефтяных и газовых месторождений

Основными факторами, определяющими методику разведки нефтяных и газовых месторождений, а также необходимые расстояния между разведочными скважинами являются: геологическое строение района, формы залежей, их размеры, условия залегания и литологическая выдержанность продуктивных горизонтов.

Учитывая эти факторы, нефтяные и газовые залежи подразделяются на три группы.

I. Месторождения, приуроченные к платформенным областям и характеризующиеся сравнительно незначительным наклоном напластования (от минут до нескольких градусов), региональным распространением продуктивных свит и иногда весьма значительными размерами продуктивных площадей.

II. Месторождения, приуроченные к складчатым областям и характеризующиеся сложными тектоническими формами, разнообразием, локальным характером распространения, большой мощ-

ностью продуктивных свит и, сравнительно с платформенными, меньшими размерами продуктивных площадей.

III. Месторождения, приуроченные к соляным куполам, характеризуются, по сравнению с месторождениями складчатых областей, несколько менее крутыми падениями пород, но большим развитием дизъюнктивных нарушений и меньшими размерами залежей. По мощности, разнообразию и локальному характеру распространения продуктивных свит эти месторождения сходны с предыдущей группой.

Геологоразведочные работы на месторождениях нефти и газа проводятся последовательно и комплексно. В комплексе входят в различном составе детальные геологические и геофизические поисковые работы, структурное колонковое и глубокое поисковое бурение, а также промышленная разведка глубоким бурением. Последняя является важнейшим этапом для всесторонней оценки месторождений и их промышленных запасов.

Выбранная система расположения разведочных скважин должна обеспечить возможность: выяснения геолого-литологической характеристики и разреза различных частей месторождения; выделения и параллелизации продуктивных горизонтов; построения структурных карт по кровле и подошве продуктивных горизонтов; околтуривания и геометризации залежей нефти и газа; определения коллекторских свойств и эксплуатационной характеристики продуктивных горизонтов в различных их частях; получения исходных данных, позволяющих составить проект разработки месторождения.

Методика разведочных работ и, в частности, наиболее рациональная сеть расположения разведочных скважин должны устанавливаться с учетом опыта разведки и разработки ближайших соседних и аналогичных месторождений; во многих случаях это позволяет оценивать продуктивные горизонты по относительно небольшому количеству разведочных скважин. Глубина поисково-разведочных и околтуривающих скважин должна рассчитываться на вскрытие по возможности наиболее полного разреза продуктивных отложений; на платформенных площадях часть скважин должна быть пробурена до кристаллического фундамента. В случае разведки структур профилированием расстояние между профилями устанавливается в зависимости от протяженности структур с учетом постоянства литологического состава отложений и наличия тектонических нарушений. Примерные предельные расстояния между разведочными скважинами, располагаемыми на профилях или по треугольной сетке, указаны в табл. 99.

Таблица 99

Примерные предельные расстояния при разведке нефтяных и газовых залежей

Группа месторождений	Предельные расстояния между скважинами, м	
	категория А <sub>2</sub>	категория В
I Платформенных областей:		
а) залежи, приуроченные к крупным брахиантиклинальным поднятиям	2500	5000
б) залежи, приуроченные к куполовидным поднятиям	1000	2000
в) залежи, приуроченные к эрозионным и рифовым массивам	500	1000
II. Складчатых областей:		
а) залежи, приуроченные к нормальным ненарушенным брахиантиклинальным складкам	1000	2000
б) залежи, приуроченные к нарушенным брахиантиклинальным складкам и моноклиналям	500	1000
III. Залежи, приуроченные к соляным куполам	500	1000

Для газовых месторождений эти расстояния могут быть увеличены в среднем в полтора раза.

Указанные расстояния предусматриваются для месторождений, характеризующихся относительным постоянством и выдержанностью литологического состава нефтеносных горизонтов по всей площади залежи. При неустойчивом литологическом составе коллекторов, а также для структур, сильно осложненных разрывными нарушениями, предельные расстояния между скважинами сокращаются в 1,5—2 раза, с учетом необходимости выявления закономерностей изменения эффективной мощности. Эти расстояния отражают накопленный практический опыт разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений; и должны рассматриваться как ориентировочные; они могут быть изменены при соответствующем геологическом обосновании.

### Требования к изучению геологии месторождений

На основе данных разведочного бурения, геолого-промысловых и лабораторных исследований, а также опробования и опытной эксплуатации скважин должно достоверно устанавливаться: геологическое строение месторождения; физические свойства коллекторов продуктивных горизонтов; форма и размеры залежи; местоположение внешнего и внутреннего контуров нефтеносности или газоносности, а также высота нефтяной или газовой залежи и наклон контакта нефть (газ)-вода; продуктивность скважин, а также промышленная характеристика и физические свойства продуктивных горизонтов по эксплуатационным данным; свойства добытых жидкостей и газа; параметры, обосновывающие запасы; режим работы продуктивных горизонтов и их гидрогеологические условия, а также высотное положение контакта газ-вода в газовых месторождениях (по расчету соотношения давления газа и напора краевых или подошвенных вод) и горизонтальность или наклон контакта нефть (газ)-вода по определению напоров законтурных вод в разных частях за пределами месторождения.

Разведкой должно быть установлено промышленное значение всех продуктивных и возможно продуктивных горизонтов месторождения; запасы по ним оцениваются в соответствии с их разведанностью. Степень разведанности месторождения должна обеспечить требуемое соотношение категорий запасов  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$  и  $C_1$ , предусмотренное классификацией запасов месторождений нефти и газа.

По всем разведочным скважинам производится комплекс геолого-промысловых и лабораторных исследований и других работ, как-то:

- а) детальное изучение керна (при сплошном отборе его) по всему интервалу нефтеносных или газоносных горизонтов;
- б) изучение литологического состава пород продуктивных горизонтов по керну, шламу и данным электрокаротажа и радиокаротажа, а также литологического состава отложений, подстилающих и перекрывающих продуктивные горизонты;
- в) интерпретация и сопоставление разрезов по пробуренным скважинам с учетом геологического строения месторождения и площадных размеров залежи;
- г) изучение петрографического состава и физических свойств нефтеносных или газоносных горизонтов, включая определения абсолютной и эффективной пористости, проницаемости (параллельно и перпендикулярно напластованию), нефтенасыщенности, водонасыщенности, погрельно напластованию), нефтенасыщенности, карбонатности, механического состава, структуры порового пространства, смачивающей способности нефти и пластовой воды;

д) промыслово-геофизические исследования, электрокаротаж стандартными зондами по всему стволу скважины (за исключением верхней части, перекрытой кондуктором); боковое каротажное зондирование (БКЗ) в пределах продуктивного горизонта и определение сопротивления глинистого раствора резистивметром; для водонасыщенных пород — тщательное послойное исследование с определением удельного сопротивления каждого пропластка с точностью до 0,01 Ом; электрокаротаж с экранированным зондом против нефтеносной части разреза в коллекторах с тонким переслаиванием; гамма-нейтронный каротаж и гамма-каротаж в карбонатных и тонкопереслаивающихся коллекторах; гамма-инклинометром для определения кривизны, азимута искривления и отклонения забоя скважины в точках через каждые 25 м; замеры ствола калиброметром с целью определения диаметра скважин; определение в отдельных скважинах геотермического градиента; обработка и интерпретация данных каротажа; определение коэффициентов пористости и нефтенасыщенности по данным каротажа;

е) отдельное опробование продуктивных горизонтов на приток пластовой жидкости или газа во всех скважинах и исследование скважин с целью: получения наиболее достоверных данных о продуктивности скважин и нефтеносных или газоносных горизонтах путем определения дебитов нефти, газа и воды в нефтяных скважинах, газа и жидкости (нефть, конденсата и воды) в газовых скважинах; замеров статических уровней пластовых и забойных давлений; отбора глубинных проб нефти в первых пробуренных скважинах и определения газового фактора. Опробование продуктивного горизонта в зависимости от его строения производят поинтервально или одновременно на всю его мощность. При большой мощности продуктивного горизонта, значительной литологической изменчивости и недостаточно четкой каротажной характеристике нефтеносность или газоносность различных частей (по мощности) продуктивного горизонта определяется поинтервальным опробованием. Суточный дебит скважин определяется замером действительной суточной непрерывной добычи, а не по расчету на основании часовой добычи. Продуктивность скважин определяется по методу пробных откачек с построением индикаторной кривой не менее чем по 3 точкам (статическое состояние и два режима эксплуатации). Для газовых скважин кривые дебита давления строятся не менее чем по 6 точкам (4—5 при возрастающем дебите и 2 точки контрольных при малом дебите); определяется также устойчивость пород продуктивного пласта по выносу песка и другим показателям. Перед опробованием газовых скважин с целью обеспечения точности замеров давления и дебита необходимо произвести продувку скважин для очистки призабойной части пласта от глинистого раствора и освобождения скважин от жидкости. При невозможности освобождения скважины от жидкости (в газоконденсатных скважинах или в скважинах с неизолированной водой) производятся контрольные замеры давления глубинным манометром. Все ответственные измерения давления на газовых скважинах (замеры статических давлений, снятие кривых дебит-давление) должны производиться образцовыми манометрами с периодической проверкой (тарировкой) их на грузовом манометре;

ж) пробная (опытная) эксплуатация всех скважин, давших нефть или газ и обосновывающих запасы категории А<sub>2</sub>, с целью: исследования свойств пластовых нефтей и газов; установления дебита нефти или газа при различных режимах; отбора проб нефти и газа для определения товарной характеристики и химического состава; установления коэффициентов проницаемости, а также продуктивности скважин по индикаторным кривым; определения начальных забойных давлений во всех скважинах (включая простаивающие и пьезометрические), величины газового фактора и динамики их изменений в процессе пробной эксплуа-

тации; установления темпов снижения пластового давления по каждой скважине и взаимовлияния скважин;

з) изучение гидрогеологических условий нефтеносных или газоносных горизонтов и выяснение гидрогеологического режима района, в пределах которого находится нефтяное (газовое) месторождение, области питания и разгрузки водоносных горизонтов и общего водного баланса, установление контура краевых вод и поверхности подошвенных вод, а также водоносных прослоев внутри нефтеносного или газоносного горизонта; выяснение химизма вод, состава и количества растворенного в воде газа; изучение пьезометрических напоров законтурных вод. Из числа скважин, давших приток воды за контуром нефтеносности, не менее чем 2—4 скважины должны быть оборудованы как наблюдательные для проведения систематических наблюдений за изменением уровня воды в период пробной эксплуатации скважин и разработки месторождения. В результате указанного изучения дается характеристика водонапорной системы продуктивного горизонта и месторождения, позволяющая судить об области питания, ее размерах и гидрогеологическом режиме;

и) изучение в процессе пробной эксплуатации режима продуктивного горизонта с учетом его геологических особенностей, физических свойств и зависимости между отбором жидкости и изменением пластовых давлений, а также по изменению газового фактора и положения контура нефтеносности в процессе пробной эксплуатации. При определении режима продуктивного горизонта следует придерживаться следующей классификации режимов: водонапорный (упруго-водонапорный), газонапорный (режим газовой шапки), растворенного газа (газовый) и гравитационный; для газовых месторождений: газовый, водонапорный и упруго-водонапорный;

к) изучение физико-химических свойств нефти, газа и воды; определение характера пластовой нефти и газа, величины давления насыщения нефти газом, растворимости газа в нефти и составления кривых растворимости газа в нефти и кривых увеличения объема нефти при различных давлениях, вязкости флюидов в пластовых условиях и коэффициентов упругости воды, нефти и пород пласта.

Анализ нефти должен содержать определения: фракционного состава нефти; содержания смол, асфальтенов, парафина, серы; вязкости, удельного веса; поверхностного натяжения на границе с воздухом. При анализе газа должны определяться: удельный вес, содержание углеводородных газов, азота, гелия, углекислоты, сероводорода и содержание газолиновых фракций.

Полный промысловый анализ воды, включая определения йода и брома, производится по всем скважинам, в которых велось испытание пройденных водоносных горизонтов, а также воды, добытой вместе с нефтью и газом.

Принимаемые для подсчета запасов нефти и газа параметры обосновываются фактическими данными, полученными в процессе разведки нефтеносных или газоносных горизонтов. В отдельных случаях допускается принятие отдельных коэффициентов по аналогии с соседними разбуренными месторождениями, если имеются соответствующие обоснования такой аналогии.

Запасы нефти или газа подсчитываются на топографической основе, в зависимости от размеров месторождения, масштабов 1 : 5000—1 : 50 000. При разведке месторождений нефти или газа должно быть обеспечено соблюдение соответствующей Инструкции о порядке производства топографо-геодезических работ при структурно-геологической съемке и бурении на нефть и газ Главного управления государственного горного надзора при Совете Министров СССР. Должна быть также дана характе-

ристка и оценка точности подземных измерений по определению пространственного положения ствола скважины и вскрытых ею маркирующих и продуктивных горизонтов.

### Условия отнесения запасов к отдельным категориям

Подсчет запасов нефти и газа производится отдельно для каждого горизонта. Контуры подсчитанных запасов по категориям наносятся на подсчетные планы.

Подсчет запасов нефти производится объемным методом и контролируется в зависимости от наличия фактических данных статистическим методом или методом материальных балансов. Подсчет запасов газа газовых горизонтов производится объемным методом и методом по падению давления.

Подсчету и учету подлежат общие запасы нефти и газа, находящиеся в недрах. Под общими понимаются запасы, находящиеся в объеме открытого порового пространства продуктивного горизонта.

При подсчете запасов газа следует иметь в виду, что балансовые запасы растворенного в нефти газа месторождений с водонапорным режимом определяются только по извлекаемым запасам нефти, а месторождений с другими режимами — по извлекаемым и неизвлекаемым запасам нефти. В неизвлекаемых запасах нефти балансовые запасы газа определяются за счет извлекаемой части газа из нефти при определенном остаточном давлении; количество извлекаемого и неизвлекаемого газа должно обосновываться данными лабораторных исследований.

Запасы категории  $A_1$  подсчитываются по действующим эксплуатационным скважинам, расположенным на разведанной площади категории  $A_2$ , путем определения объемным методом содержания нефти и газа на условной площади дренажа скважин, устанавливаемой в соответствии с проектом разработки данного горизонта или месторождения.

Подсчет ведется объемным методом и контролируется методом материального баланса или статистическим.

Для отнесения запасов нефти и газа к категории  $A_2$  должны быть изучены и достоверно установлены по разведочным скважинам на оконтуренной ими площади следующие геолого-промысловые показатели:

а) литологический состав продуктивного пласта, его общая и эффективная мощность, пористость, проницаемость и характер изменения коллекторских свойств;

б) характеристика продуктивного пласта по лабораторным исследованиям зерна и промыслово-геофизическим показаниям в отношении нефтегазонасыщенности и содержания поровой воды; данные об объеме коэффициента пластовой нефти и газа по глубинным пробам;

в) данные о качестве нефти, газа и воды по месторождению;

г) фактические данные о начальных и текущих дебитах нефти, газа, воды по всем скважинам, обосновывающим запасы категории  $A_2$ ;

д) данные о гидрогеологических условиях продуктивного горизонта и его режиме;

е) данные о контурах нефтеносности или газоносности и положения первоначального водогазонефтяного контакта;

ж) на основании опытной эксплуатации скважин: коэффициент продуктивности скважин, проницаемость пород, режим работы пласта, характер пластовой нефти, данные о давлении и насыщении нефти газом, растворимость нефти и газа, величины начальных пластовых давлений и их изменения, степень восстановления пластового давления при остановке скважины после их пробной эксплуатации, продолжительность непрерывной опытной эксплуатации — должны обеспечить надеж-

ное определение указанных показателей и составлять для нефтяных скважин не менее 20 суток и для газовых не менее 5 суток при условии сохранения относительной устойчивости дебита.

Границы разведанной площади запасов категории  $A_2$ , как правило, определяются крайними точками скважин, давших промышленную нефть или газ и имеющих указанный выше объем геолого-промысловых исследований.

На участках газовых месторождений, где имеются определенные данные о высотном положении контакта газ-вода, при наличии законтурных скважин, определяющих структурные условия в приконтурной зоне и доказывающих выдержанность продуктивного горизонта, экстраполяция площади категории  $A_2$  производится до внешнего контура газоносности.

Экстраполяция вверх по восстанию структуры допускается при наличии данных об отсутствии изменчивости коллекторских свойств горизонта и непродуктивных участков в экстраполируемой зоне.

К категории В относятся запасы на площади, промышленная нефтегазоносность которой доказана наличием на ней скважин с благоприятными показателями образцов породы, каротажа и получением промышленного притока нефти или газа не менее чем в двух скважинах; структура месторождения установлена, но условия залегания, характер изменений коллекторских свойств и распространение продуктивных горизонтов выявлены приблизительно; имеются анализы нефти и газа.

К этой категории могут относиться также запасы сложных по своему строению и физико-литологическим свойствам горизонтов и месторождений, на которых после разведки глубоким бурением не представляется возможным выделить запасы категории  $A_2$ .

Для отнесения запасов нефти и газа к категории В должны быть выполнены следующие требования:

а) изучено общее геологическое строение месторождения и установлены его основные структурные элементы; ориентировочно изучены условия залегания нефтяной или газовой залежи, изменения коллекторских свойств и пространственное размещение продуктивных горизонтов;

б) изучен литологический состав и физические свойства нефтегазонасного горизонта по образцам, извлеченным из скважин, и по данным промыслово-геофизических исследований;

в) получены промышленные притоки нефти или газа не менее чем в двух разведочных скважинах, расположенных на площади запасов, относимых к категории В, а по остальным скважинам нефтегазоносность доказывается нефтегазонасыщенными образцами пород (кернов), извлеченных из скважин, вскрывших всю мощность нефтегазонасных горизонтов при благоприятных в отношении нефтегазоносности показаниях каротажа;

г) проведено опробование не менее чем в двух скважинах, расположенных в разных частях нефтеносной площади, с целью определения производительности выявленного нефтяного горизонта (начального пластового давления, коэффициента продуктивности скважин); в скважинах газовой залежи проведено детальное исследование с целью определения статического давления, свободного и рабочего дебита;

д) определение режима нефтяной или газовой залежи по горизонтам и месторождениям, в пределах которых запасы категории В выявляются впервые, произведено на основе аналогии с однотипными соседними разведанными месторождениями и участками;

е) изучена качественная характеристика нефти и газа путем лабораторных физико-химических исследований.

Контур запасов категории В устанавливается на основе скважин с благоприятными показателями образцов пород, каротажа, а также дав-

ших промышленную нефть, в которых проведен весь указанный выше комплекс геолого-промысловых исследований. При отсутствии резких литологических изменений, выклинивания горизонта, или, когда имеются данные предполагать, что контакт нефть (газ)-вода горизонтален, к категории В относятся запасы в контуре изогипсы, соответствующей наиболее низкой отметке подошвы нефтегазоносного горизонта, с которой скважиной был получен промышленный приток нефти или газа. Изогипса, принятая в качестве границы категории В, должна определяться на основе интерполяции между скважинами, при расстояниях между ними, соответствующими данным табл. 99.

К категории В могут быть также отнесены запасы в контуре экстраполяции от границ запасов категории  $A_2$  на величину, не превышающую половины расстояния между скважинами для категории  $A_2$ , при условии, что экстраполируемый контур геологически обоснован и не выходит за изогипсу, соответствующую наиболее низкой отметке, с которой скважиной был получен приток нефти (или газа).

В том случае, когда имеются данные о наклонном положении контакта нефть (газ)-вода, экстраполяция продуктивной площади производится только до расчетного положения контакта на отдельных участках.

Для отнесения запасов к категории  $C_1$  необходимо:  
на новых площадях

а) установить наличие геологической структуры и ее литологический разрез, выявить основные тектонические элементы соответствующими методами геологоразведочных работ; установить мощность нефтеносного или газоносного горизонта; в случае общей выдержанности продуктивного горизонта мощность и пористость его на новых площадях может быть принята по аналогии с соседними разбуренными площадями;

б) получить промышленный приток нефти или газа в одной разведочной скважине и установить опробованием начальный дебит и ее производительность;

на эксплуатируемых месторождениях

в) в случае выявления новых нефтегазоносных горизонтов определить их стратиграфическое положение и изучить литологический состав пород; получить промышленный приток нефти или газа в одной из разведочных скважин и опробованием установить ее производительность;

г) по отдельным блокам и полям, прилегающим к площади с запасами более высоких категорий, выяснить возможное продолжение нефтяных и газоносных горизонтов, их литологическое однообразие, аналогичный стратиграфический возраст на основании геологических, структурных и фациальных построений;

д) изучить качественную характеристику нефти и газа по данным лабораторных исследований.

Контур нефть-вода или газ-вода на новой структуре, где имеется только одна продуктивная скважина, проводится в зависимости от геологического строения месторождения с учетом результатов геолого-геофизических исследований (по аналогии с известными соседними изученными месторождениями), или условно выделяется по данным структурного, фациального и палеогеографического анализа условий формирования месторождения.

По отдельным блокам и полям те же контуры устанавливаются по результатам геологических исследований и допустимой аналогии с соседними разведанными участками.

К категории  $C_2$  относятся запасы перспективных горизонтов на площадях, расположенных в пределах нефтегазоносных провинций, в соответствии с приведенными выше указаниями.

## Примеры классификации запасов нефти и газа

Для иллюстрации применения изложенной классификации запасов нефти и газа приводятся примеры для различных типов месторождений в соответствии с инструкцией ГКЗ<sup>1</sup>.

Пример первый. Залежь нефти приурочена к крупному брахантиклинальному поднятию (рис. 349). Как видно из структурной карты и геологического профиля, продуктивный пласт имеет весьма пологое залегание; внешний и внутренний контуры нефтеносности совпадают

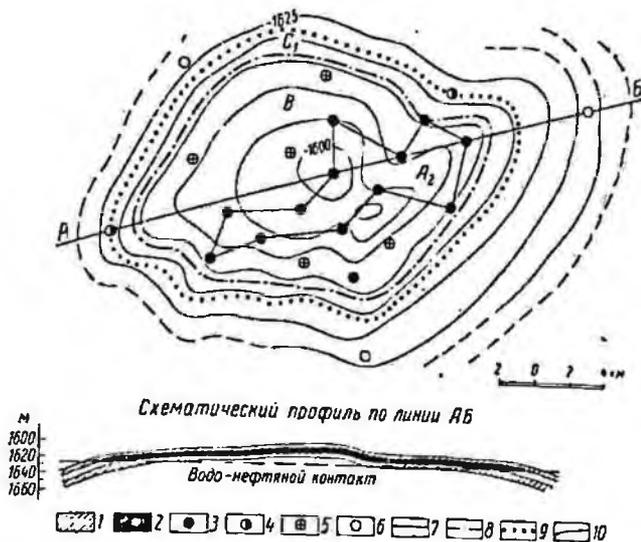


Рис. 349. План подсчета и классификация запасов нефти в залежи, приуроченной к крупному брахантиклинальному поднятию

1 — глина; 2 — нефтяная залежь; 3 — разведочные скважины, давшие нефть и находившиеся в пробной эксплуатации не менее 20 суток; 4 — разведочные скважины, давшие нефть и пластовую воду; 5 — непробовавшие разведочные скважины, но горизонт по данным электрокаротажа нефтеносен; 6 — разведочные скважины, давшие пластовую воду (отрицательные); 7 — контур площади с запасами кат. А<sub>2</sub>; 8 — контур площади с запасами кат. В; 9 — внешний контур нефтеносности и контур площади с запасами кат. С<sub>1</sub>; 10 — изогипсы кровли нефтеносного горизонта

с изогипсами подземного рельефа; на подсчетном плане условными знаками показано состояние пробуренных скважин. На основании указанных данных запасы категории А<sub>2</sub> ограничиваются лишь скважинами, давшими нефть в соответствии с предельными ориентировочными расстояниями, установленными для этой категории в 2500 м. Запасы категории В определяются границей внутреннего контура нефтеносности в соответствии с благоприятными показаниями электрокаротажа в пределах этой площади в скважинах на расстояниях, не превышающих предельную ориентировочную норму в 5000 м. Запасы категории С<sub>1</sub> выделяются между внутренним и внешним контурами нефтеносности, так как границы этой площади не подтверждены никакими данными и имеются лишь две разведочные скважины, давшие нефть и воду на очень большом расстоянии друг от друга.

<sup>1</sup> Подсчетные планы приведенных примеров подготовлены П. И. Михайличкиным.

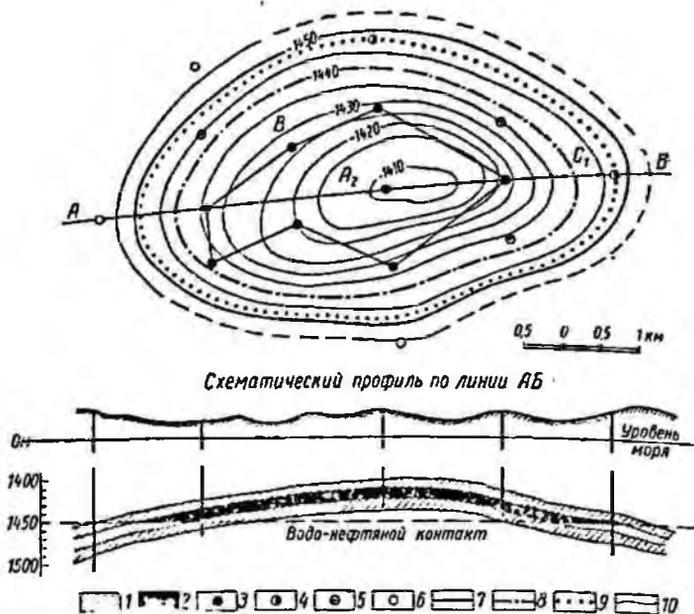


Рис. 350. План подсчета и классификация запасов нефти в залежи, приуроченной к куполовидному поднятию

1 — нефтеносный горизонт; 2 — нефтяная залежь; 3 — разведочные скважины, давшие нефть и находившиеся в пробной эксплуатации не менее 20 суток; 4 — разведочные скважины, давшие нефть и пластовую воду; 5 — непробоинальные разведочные скважины, но горизонт по данным электрокаротажа нефтеносен; 6 — разведочные скважины, давшие пластовую воду (отрицательные); 7 — контур площади с запасами кат. А<sub>1</sub>; 8 — контур площади с запасами кат. В; 9 — внешний контур нефтеносности и контур площади с запасами кат. С<sub>1</sub>; 10 — изогипсы кровли нефтеносного горизонта

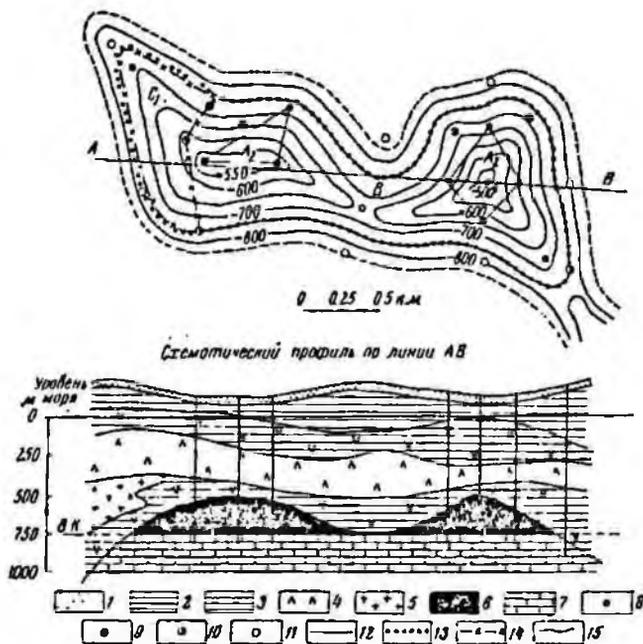


Рис. 351. План подсчета и классификация запасов нефти в залежи, приуроченной к эрозионным и рифовым массивам

1 — современные — пески, суглинки; 2 — переслаивание глин, мергелей и песчаников; 3 — переслаивание глин, мергелей с гипсом и ангидритом; 4 — ангидрит; 5 — каменная соль; 6 — нефтяная залежь; 7 — известняки; 8 — скважины, давшие нефть; 9 — скважины не опробованы, но горизонт по данным электрокаротажа нефтеносен; 10 — скважины, давшие нефть и пластовую воду; 11 — скважины, давшие воду; 12 — контур площади с запасами кат. А<sub>1</sub>; 13 — контур нефтеносности и контур площади с запасами кат. В; 14 — контур площади с запасами кат. С<sub>1</sub>; 15 — изогипсы кровли нефтеносного горизонта

Пример второй. Залежь нефти приурочена к куполовидному поднятию (рис. 350). Категории запасов выделяются аналогично предыдущему случаю с той разницей, что предельные ориентировочные расстояния будут иными: для запасов категории  $A_2$  1000 м и для запасов категории В 2000 м.

Пример третий. Залежи нефти приурочены к эрозионным и рифовым массивам (рис. 351). На структурной карте показано два выступа известняков, к которым приурочены залежи нефти. Запасы категории  $A_2$  выделяются по скважинам, давшим нефть, расположенным на установленных предельных ориентировочных расстояниях для данного типа залежи

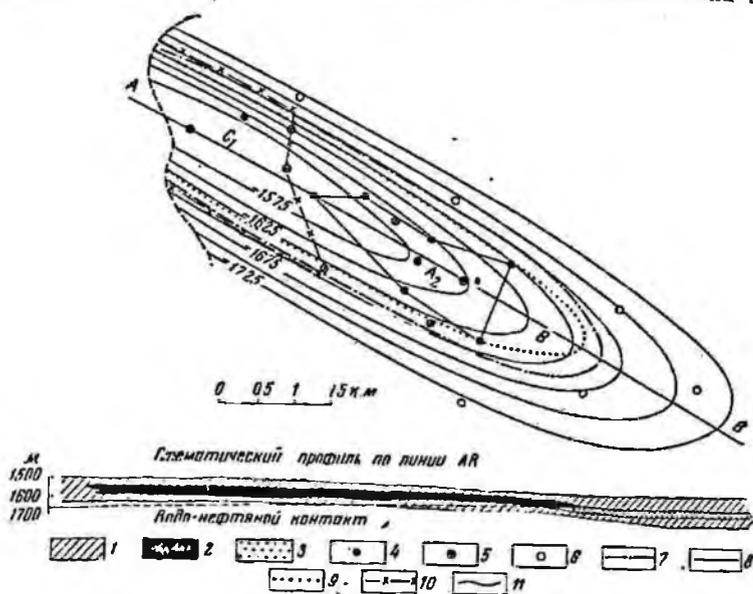


Рис. 352. План подсчета и классификация запасов нефти в залежи, приуроченной к брахиантиклинальной складке с частичным литологическим экранированием нефтяного горизонта

1 — глина; 2 — нефтяная залежь; 3 — песчаник; 4 — скважина, давшая нефть; 5 — скважина не опробованная, но горизонт по данным электрокаротажа нефтеносен; 6 — скважина, давшая пластовую воду; 7 — внешний контур нефтеносности; 8 — контур площади с запасами кат.  $A_2$ ; 9 — внутренний контур нефтеносности и контур площади с запасами кат. В; 10 — контур площади с запасами кат.  $C_1$ ; 11 — изогипсы кровли нефтеносного пласта

500 м. Запасы категории В, как это видно из подсчетного плана, устанавливаются по двум скважинам, давшим нефть на расстояниях, превышающих предельные ориентировочные расстояния для категории  $A_2$ , по пяти скважинам с благоприятными электрокаротажными показаниями и двум скважинам, наметившим границы нефтеносности. Запасы категории  $C_1$  выделяются в западной части залежи, где имеется одна скважина, давшая нефть, а границы залежи нефти не установлены и намечаются лишь скважинами, давшими воду.

Пример четвертый. Залежи нефти приурочены к брахиантиклинальной складке с частичным экранированием нефтяного горизонта (рис. 352). На подсчетном плане видно выклинивание пласта в западной части; запасы категории В выделяются лишь в восточной части, где имеются четыре скважины с благоприятными электрокаротажными показаниями и ряд скважин, давших воду, позволяющих наметить контур нефтеносности; запасы категории  $C_1$  выделяются в западной части, где имеется одна скважина, давшая нефть, и одна скважина с благоприятными каротажными показаниями; границы залежи в этой части складки скважинами не установлены.

Пример пятый. Залежи нефти приурочены к брахиантиклинальной складке со сложным литологическим строением нефтяного горизонта (рис. 353). На подсчетном плане видно выклинивание пласта в западной части и частичное выклинивание на крыльях складки. В сводовой части складки имеется газовая шапка, нижняя часть которой занята «подгазовой нефтью». Запасы категории  $A_2$  выделяются по скважинам, давшим нефть в восточной части складки. Ряд скважин, давших газ в повышенной части складки, благоприятные данные, полученные по каротажу в восьми скважинах, наличие промышленной нефти у северной границы

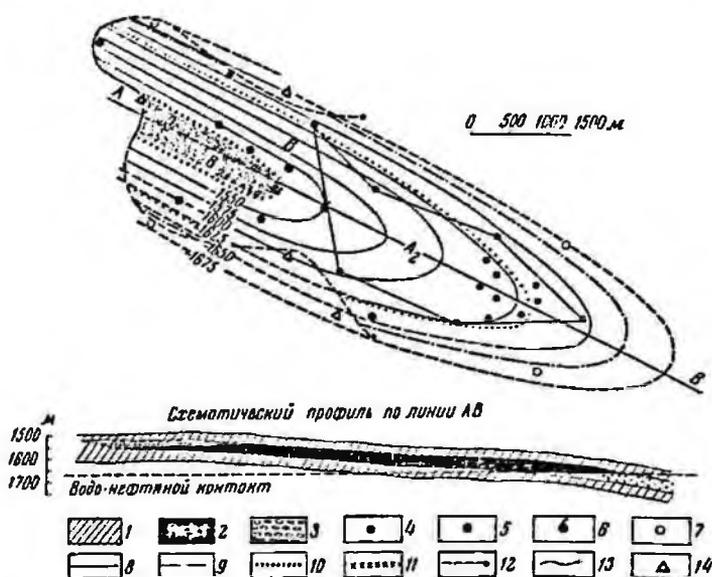


Рис. 353. План подсчета и классификация запасов нефти в залежи, приуроченной к брахиантиклинальной складке со сложным литологическим строением нефтяного горизонта

1 — песчанистая глина; 2 — нефтеносный горизонт (коллектор-песчаник); 3 — газовая шапка; 4 — скважины, давшие нефть; 5 — скважины не опробованы, но горизонт по данным электрокаротажа нефтеносен; 6 — скважины, вскрывшие газовую и нефтяную залежь, но не опробованные; 7 — скважины, давшие пластовую воду; 8 — контур площади с запасами кат.  $A_2$ ; 9 — внешний контур нефтеносности и контур площади с запасами кат. В; 10 — внутренний контур нефтеносности; 11 — контур газовой шапки; 12 — граница замещения нефтеносного песчанника глиной; 13 — изогипсы кровли нефтеносного горизонта; 14 — скважины, встретившие пласт в глинистой фации

в одной скважине, а также данные скважин, давших воду и показавших выклинивания горизонта, позволяют в западной части складки выделить запасы категории В. Эти запасы выделяются также на остальной площади между внутренним и внешним контурами нефтеносности в соответствии с показаниями скважин, приведенными на подсчетном плане.

Пример шестой. Залежи нефти приурочены к соляному куполу (рис. 354). Залежь нефти находится в нижнемеловых отложениях и приурочена к южному крылу складки, имеющему ряд поперечных нарушений. Сводовая часть складки осложнена грабенем. Запасы категории  $A_2$  выделяются по скважинам, давшим промышленную нефть; запасы категории В определяются экстраполяцией от категории  $A_2$  на расстояние, не превышающее ориентировочно половину расстояния, установленного для категории В в залежах, приуроченных к соляным куполам, в размере 1000 м. При экстраполяции на 500 м от скважин, давших нефть, граница площади категории В проводится по изогипсе пласта. Остальная часть площади в пределах западного и центрального блоков до

внешнего контура нефтеносности, установленного одной из скважин западного блока, выделяется в категорию  $C_1$ . По аналогии с западным блоком по той же изогипсе — 755 м проводится предполагаемый контур нефтеносности в центральном и восточном блоках. В этих последних блоках запасы нефти, но не бывших в пробной эксплуатации скважин, давших нефть, но не бывших в пробной эксплуатации.

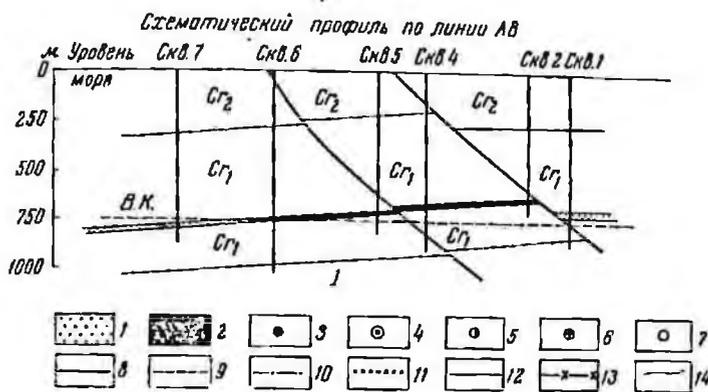
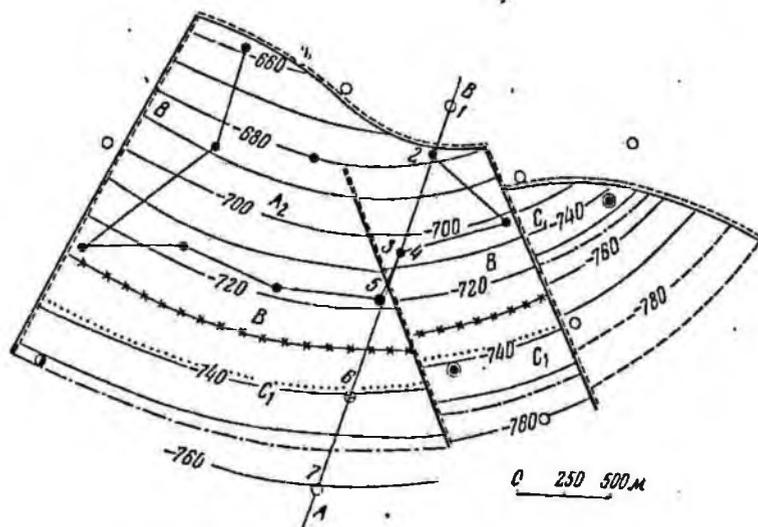


Рис. 354. План подсчета и классификация запасов нефти в залежи, приуроченной к соляному куполу

1 — нефтеносный горизонт; 2 — нефтяная залежь; 3 — скважины, давшие нефть и находившиеся в пробной эксплуатации не менее 20 суток; 4 — скважины, давшие нефть, но не находившиеся в пробной эксплуатации; 5 — скважины, давшие нефть и пластовую воду; 6 — скважины не опробованы, но горизонт по данным электрокаротажу нефтеносен; 7 — скважины, давшие пластовую воду; 8 — проекция пересечения нарушением кровли нефтеносного горизонта; 9 — проекция пересечения нарушением подошвы нефтеносного горизонта; 10 — внешний контур нефтеносности и граница площади с запасами кат.  $C_1$ ; 11 — внутренний контур нефтеносности; 12 — контур площади с запасами кат.  $A_2$ ; 13 — контур площади с запасами кат. В; 14 — изогипсы кровли нефтеносного горизонта

Пример седьмой. Залежь газа приурочена к куполовидной складке (рис. 355). Границы категорий запасов, как правило, проводятся по изогипсе пласта; в соответствии с этим максимальная экстраполяция для площади категории  $A_2$  в куполовидных складках (для нефти принимается 1000 м) здесь не должна превышать 2000 м. Принимая указанную цифру расстояний в западном, наименее освещенном, направлении, от центральной скважины, давшей газ, граница запасов категории  $A_2$

определена по изогипсе —1200 м. Запасы остальной площади до контура газоносности, намечаемого согласно расчетным данным по замеренным

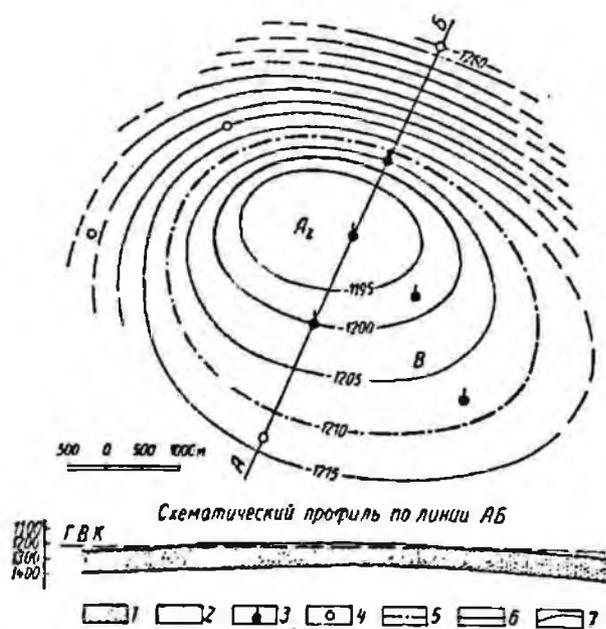


Рис. 355. План подсчета и классификация запасов горючего газа в залежи, приуроченной к куполовидной складке

1 — водоносная часть газоносного горизонта; 2 — газовая залежь; 3 — скважины, давшие промышленные притоки газа; опробовалием установили их производительность; 4 — скважины, вскрывшие газоносный горизонт и lying на пластуную поду; 5 — контур газоносности и граница площади с запасами квт. В; 6 — контур площади с запасами квт.  $A_2$ ; 7 — изогипсы кровли газоносного горизонта; В — газо-водяной контакт

пластовым давлениям в газовых и водяных скважинах, отнесены к категории В, в пределах которой имеются две скважины, давшие промышленный газ.

## ГЛАВА XVI

### КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ.

Стадии проектирования и требования к гидрогеологической изученности для различных стадий

Для различных стадий проектирования захвата подземных вод с целью их эксплуатации требуется различная степень изученности.

Стадии проектирования промышленного и жилищно-гражданского строительства, а также содержание отдельных стадий проектирования указаны в инструкции по составлению проектов и смет по промышленному и жилищно-гражданскому строительству.

Согласно инструкции проектирование может осуществляться в две или три стадии. При проектировании по двум стадиям сначала составляется проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом, затем рабочие чертежи; следует иметь в виду возможность широкого использования типовых проектов и типовых решений или повторного использования ранее выполненных проектов аналогичных сооружений. При трехстадийном проектировании сначала составляется проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом, затем технический проект со сводной сметой и, наконец, рабочие чертежи; в этом случае предполагается невозможность использования типовых проектов или типовых решений. Исключения из указанного порядка могут быть допущены с разрешения Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства. В частности, для сложных решений или при охвате проектом большой площади предварительно прорабатывается проектная схема, которая имеет целью показать возможность принципиального решения задачи.

Проектное задание является важнейшей стадией проектирования. В соответствии с п. 4 Инструкции по составлению проектов и смет «проектное задание имеет целью выявить техническую возможность и экономическую целесообразность предполагаемого строительства в данном месте и в намеченные сроки, обеспечить правильный выбор площадки для строительства источников снабжения его водой, а также установить основные технические решения проектируемых объектов, общую стоимость строительства и основные технико-экономические показатели». В соответствии с п. 16 той же инструкции «в случае необходимости разработки отдельных вопросов применительно к местным условиям при составлении проектного задания разрабатываются сравнительные (эскизные) варианты для выбора наилучшего и наиболее экономичного решения». Таким образом, для стадии проектного задания в результате гидрогеологических изысканий или на основании имеющихся гидрогеологических сведений должна быть дана оценка гидрогеологических условий района с анализом сравнительной характеристики различных водоносных горизонтов и их участков; исходя из этого следует выбрать вариант наиболее правильного и наиболее экономичного использования подземных вод для

намеченных целей. При решении вопроса использования подземных вод для водоснабжения, кроме того, необходимо представить также характеристику поверхностных вод с тем, чтобы можно было сделать санитарно-техническое и экономическое сравнение вариантов водоснабжения из различных источников.

Для стадии проектного задания на выбранном участке использования подземных вод должны быть даны гидрогеологические расчетные показатели, которые послужат основой для проектирования каптажных сооружений и для их оборудования, в частности, насосами (если это требуется по схеме водозаборов). При двухстадийном проектировании гидрогеологические расчетные показатели для проектирования каптажных сооружений и для их оборудования на стадии проектного задания являются окончательными, так как, исходя из этого, выдаются заказы на основное оборудование. При трех стадиях проектирования уточнение проектного задания и выбора оборудования производится в стадии технического проекта и, таким образом, имеется возможность уточнения гидрогеологических расчетных показателей для проектирования водозаборов подземных вод. Последняя стадия проектирования — рабочие чертежи, которые разрабатываются: при двух стадиях проектирования на основе утвержденного проектного задания и при трех стадиях — на основе утвержденного технического проекта. Исходя из существа указанной инструкции по составлению проектов и смет, некоторые уточнения гидрогеологических показателей могут быть даны к стадии проектирования «рабочие чертежи». Например, проектирование каптажа источников рекомендуется в ряде случаев проводить в 3 стадии.

#### Классификация эксплуатационных запасов подземных вод по категориям разведанности и изученности

Классификация эксплуатационных запасов подземных вод определяет степень их изученности (включая источники) для производства изысканий, проектирования и сооружения каптажей. В табл. 100 приведена действующая с 1950 г. классификация эксплуатационных запасов подземных вод. В этой классификации в сжатой форме дается характеристика гидрогеологической разведанности и изученности с соответствующим подразделением эксплуатационных запасов на пять категорий.

В соответствии с «Положением о классификации» эксплуатационные запасы могут определяться для всего гидрогеологического бассейна в целом, а также для отдельных водоносных горизонтов или их участков с учетом изменения их под влиянием естественных факторов и эксплуатации. Качественная оценка подземных вод дается в соответствии с их использованием по данным анализов воды, а также с учетом гидрогеологических и санитарных условий.

Каждая категория изученности подземных вод определяется также ее назначением, указанным в классификации. Однако эта классификация не вполне соответствует инструкции по составлению проектов и смет для промышленного и гражданского строительства, утвержденной позже (в 1952 г.). В классификации эксплуатационных запасов по существу имеется в виду трехстадийное проектирование. Но возможны случаи проектирования захвата подземных вод по двум стадиям, например для ряда районов распространения артезианских вод Подмосковной котловины, Днепровско-Донецкой впадины и для других хорошо изученных мест. Кроме того, как показывает практика, двухстадийное проектирование возможно для участков подземных вод, имеющих достаточно ясную характеристику с расчетными гидрогеологическими показателями и оценкой запасов подземных вод, не вызывающих сомнений.

Наиболее часто встречаются случаи, когда составление проектных

## Классификация эксплуатационных запасов подземных вод

Категория запасов	Разведанность и изученность	Назначение данной категории
А <sub>1</sub>	Запасы подземных вод вполне установлены и изучены в количественном и качественном отношении по данным эксплуатации	Для планирования текущей эксплуатации водозаборов и их расширения
А <sub>2</sub>	Запасы подземных вод установлены количественно на основании детальных разведочных работ, опытных откачек и исследований на участке водозаборов Дебиты источников установлены по данным систематических режимных наблюдений продолжительностью не менее одного года, и по данным детальных разведочных и опытных работ, на участке каптажа источника Качество воды для соответствующего использования изучено достаточно	Для обоснования технических проектов и капиталовложений в строительство
В	Запасы подземных вод установлены количественно на основании предварительных гидрогеологических разведок и общих гидрогеологических исследований с производством опытных откачек и кратковременных наблюдений за режимом подземных вод и источников в районе намечаемого водозабора Качество вод для соответствующего использования изучено достаточно	Для обоснования проектных заданий с конкретным выбором участков расположения водозаборов и каптажей. При значительном превышении эксплуатационных запасов над потребными для составления технических проектов и капиталовложений в строительство
С <sub>1</sub>	Запасы, предполагаемые на основании гидрогеологических исследований (комплексной геолого-гидрогеологической съемки) по естественным выходам подземных вод, существующим водозаборам и одиночным разведочным выработкам. Предполагаемые запасы в сложных гидрогеологических условиях (неоднородное строение водоносных толщ, непостоянство химического состава и изменчивость дебита воды), устанавливаемые на основании гидрогеологических исследований (комплексная геолого-гидрогеологическая съемка) и опробования дебита и качества подземных вод в отдельных точках Предполагаемые запасы, примыкающие к районам, разведанным по более высоким категориям. В сложных гидрогеологических условиях необходимо опробование качества подземных вод в отдельных точках	Для перспективного планирования использования подземных вод. Для выбора участков детальных гидрогеологических разведок, обоснования бурения разведочных и опытных скважин. При значительном превышении эксплуатационных запасов над потребными — для обоснования проектных заданий по использованию подземных вод и бурения эксплуатационных скважин
С <sub>2</sub>	Запасы подземных вод, оцениваемые по геологическим и гидрогеологическим предположениям	Для планирования гидрогеологических исследований и обоснования бурения разведочных скважин на воду

заданий при трехстадийном проектировании основывается на изученности по категории В. Однако при значительном превышении расчетных эксплуатационных запасов над потребными в ряде случаев возможно составление технических проектов по категории В (проектное задание составляется при изученности по категории С<sub>1</sub>). Эти замечания опреде-

ляются сущностью инструкции по составлению проектов, а также и прямым указанием в классификации эксплуатационных запасов. Если требуются некоторые отклонения от требований классификации эксплуатационных запасов, то это должно быть строго и детально аргументировано.

### Применение классификации эксплуатационных запасов подземных вод

Применение «Положения о классификации эксплуатационных запасов подземных вод» определяется «Инструкцией», утвержденной Министерством геологии СССР и изданной в 1952 г. В этой инструкции детализируются некоторые положения классификации и, в частности, отмечается необходимость в соответствующих случаях определять посезонно эксплуатационные запасы подземных вод, а также даются указания по требованиям к качеству воды. Следует иметь в виду, что ГОСТ 2874—45, рекомендуемый в Инструкции, в настоящее время заменен ГОСТ 2874—54. В Инструкции рассматриваются требования к изучению подземных вод, условия отнесения эксплуатационных запасов к категориям, а также порядок представления материалов подсчета эксплуатационных запасов для утверждения и требования к отчетам.

Объем и содержание гидрогеологических исследований, необходимых для оценки эксплуатационных запасов подземных вод по разным категориям, определяются гидрогеологическими условиями, их сложностью и изученностью, а также назначением использования подземных вод и величиной потребности. Последние условия зависят от проектных требований. Связь категорий изученности эксплуатационных запасов подземных вод с назначением изученности в сжатой форме дается в классификации, утвержденной Советом Министров СССР, а более подробно — в «Инструкции по применению классификации. . .».

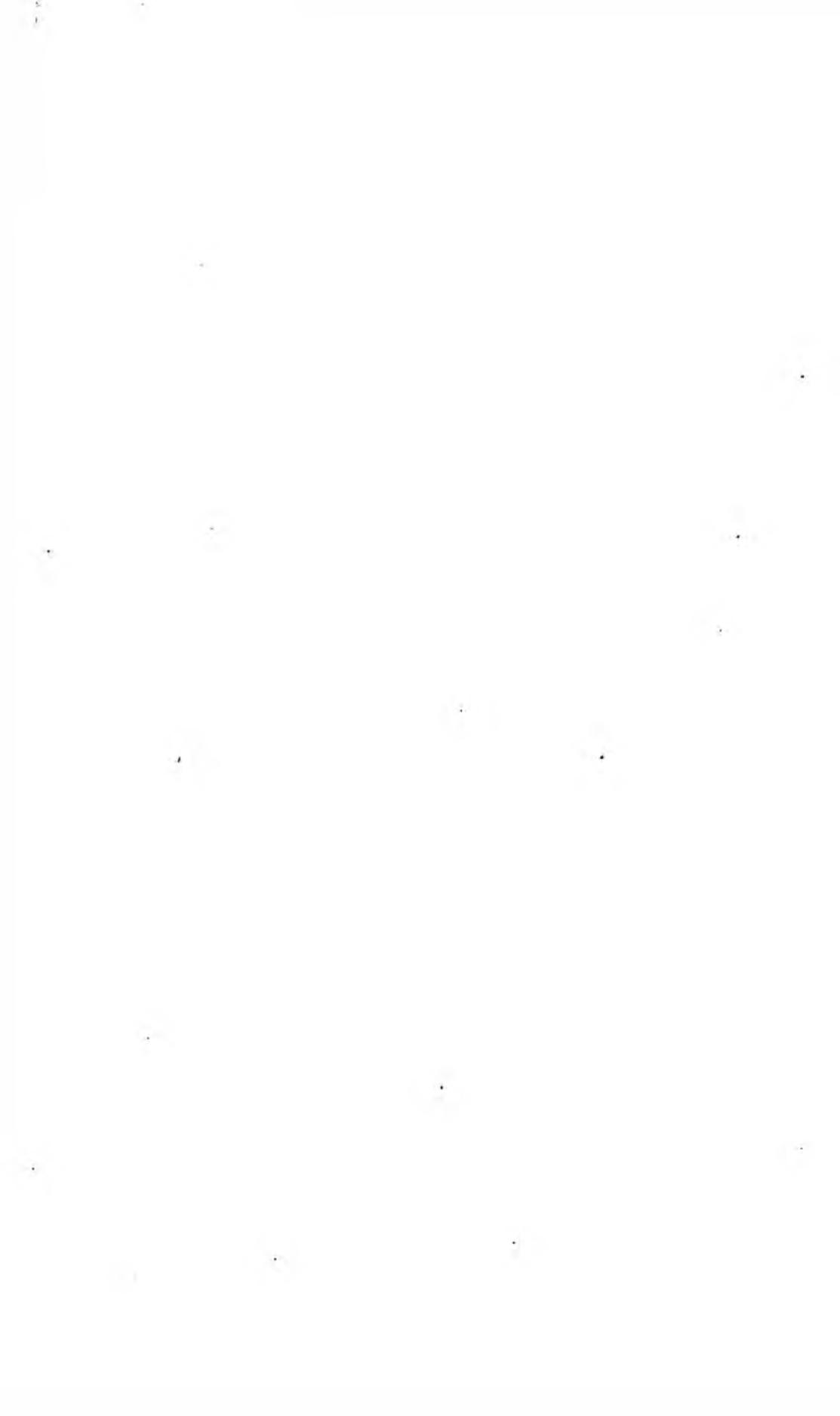
Гидрогеологические исследования должны вестись целеустремленно так, чтобы на основании данных изысканий можно было составить отчет и дать расчеты по оценке эксплуатационных запасов подземных вод с детальностью, необходимой для соответствующей категории изученности.

В результате гидрогеологических изысканий должны быть освещены следующие основные вопросы: а) условия залегания, распространения, движения, дренирования и формирования подземных вод; б) состав подземных вод; в) оценка участков для эксплуатации подземных вод; г) режим подземных вод в естественных условиях и при эксплуатации; д) соображения об организации зон санитарной охраны; е) расчеты эксплуатационных запасов; ж) прочие данные, необходимые для характеристики подземных вод, оценки их эксплуатационных запасов и для проектирования водозаборов подземных вод.

В «Инструкции» при рассмотрении особенностей гидрогеологических изысканий и требований к отчетам подземные воды разделяются на 3 группы: 1) источники, 2) грунтовые и неглубокие напорные подземные воды (примерно до 50 м), 3) артезианские воды. Однако для характеристики подземных вод можно пользоваться группировкой их и по другим признакам.

Для различных категорий изученности объем и характер гидрогеологических изысканий по степени детальности изменяется. Это видно из таблицы классификации эксплуатационных запасов подземных вод. Кроме того, следует учитывать, что объем, содержание и методы гидрогеологических разведок могут иметь отклонения от «Инструкции» с достаточным обоснованием.

ЧАСТЬ V  
ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ  
ПО ПОДСЧЕТУ ЗАПАСОВ



## ГЛАВА XVII

### ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПО ПОДСЧЕТУ ЗАПАСОВ<sup>1</sup>

Отчет о геологоразведочных работах и материалы по подсчету запасов полезных ископаемых должны содержать все данные, необходимые для проверки подсчета запасов, и геологические данные для составления проекта дальнейшей разведки или эксплуатации месторождения. Материалы следует представлять в таком виде, чтобы можно было проверить все выводы авторов и в случае необходимости произвести пересчет запасов без их участия.

Материалы по подсчету запасов должны содержать:

- 1) текст отчета;
- 2) таблицы к подсчету запасов;
- 3) графические приложения;
- 4) документацию геологоразведочных, эксплуатационных работ и другие исходные данные, необходимые для подсчета запасов.

Объем и содержание каждого раздела отчета определяются в зависимости от вида разведанного сырья, типа месторождения, цели и характера проведенных геологоразведочных работ и исследований. При описании нового месторождения все сведения должны приводиться с возможной полнотой; для месторождения, отчеты по которому составлялись ранее, материалы, имеющиеся в прежних отчетах, могут быть даны в сжатом виде.

Текст геологоразведочного отчета должен содержать подробную характеристику месторождения, описание всех произведенных геологоразведочных и эксплуатационных работ, их результаты, а также обоснование подсчета запасов. Объем текста должен быть небольшим, по возможности не превышающим 150—200 страниц.

Таблицы к подсчету запасов должны быть составлены по такой форме, чтобы порядок расположения их граф соответствовал порядку операций вычислений. Таблицы должны содержать все исходные и промежуточные данные, полученные в процессе вычисления, и позволять производить проверку всех операций по подсчету запасов.

Графические материалы должны быть выполнены таким образом, чтобы при минимальном количестве чертежей достаточно полно отображались данные разведочных работ, геологическое строение месторождения, формы рудных тел, пространственное распределение полезного ископаемого и контуры запасов. Чертежи должны быть, по возможности, унифицированы, т. е. исполнены в выдержанных для всего отчета условных обозначениях, быть наглядными и удобочитаемыми. Следует избегать взаимоповторяющихся и частично дублирующих друг друга чертежей.

Документация геологоразведочных работ обычно составляет значительную часть материалов геологического отчета, в связи с чем про-

думанное оформление документации позволяет существенно уменьшить объем отчета. Сокращение материалов может быть достигнуто прежде всего за счет избежания дублирования одних и тех же сведений в разных документах, например в буровых журналах и в колонках скважин, в журналах опробования и в таблицах химических анализов.

Описания пород по разведочным выработкам должны быть краткими и точными. При очень большом количестве разведочных выработок, пройденных по однообразным породам, или при геологически выдержанном разрезе, вместо колонок и буровых журналов могут быть даны сводные таблицы или реестры разведочных выработок, которые, однако, должны содержать минимум сведений, требуемых для проверки правильности графических построений и подсчета запасов.

При наличии сводных погоризонтных планов зарисовки горных выработок могут быть даны только наиболее характерные.

Первичная документация и подсчетные таблицы, обосновывающие запасы категории А<sub>1</sub>, как правило, не должны прикладываться к отчету, но количество и размещение этих запасов должно быть обязательно показано в соответствующих таблицах и чертежах, заверенных маркшейдерской службой рудника.

Требования к содержанию и оформлению материалов подсчета запасов определяются соответствующими инструкциями, утвержденными ГКЗ<sup>1</sup>.

Ниже излагаются в несколько сокращенном и отредактированном виде требования этих инструкций.

#### СОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Текст отчета. При составлении отчета рекомендуется пользоваться следующей примерной схемой.

**Введение.** Задачи проведенных геологоразведочных работ.

**Общие сведения о месторождении.** Географическое положение месторождения, его географические координаты. Административное положение: республика, область, край, район.

**Экономические сведения:** транспортные условия, топливно-энергетическая база, условия водоснабжения, местные строительные материалы и др.

**Сведения о рельефе, гидросети и климате:** основные черты рельефа, абсолютные или относительные высоты, реки и расходы воды в них, глубина сезонного промерзания почвы, вечная мерзлота, количество осадков.

**Сведения о геологическом изучении месторождения.** История открытия и разведок месторождения: работы, проведенные до начала деятельности организации, представляющей отчет, с указанием их объема, степени изученности месторождения и ранее подсчитанных запасов полезного ископаемого.

**Характеристика работ, выполненных организацией, представившей отчет** (топографических, геологосъемочных, геофизических, буровых,

---

<sup>1</sup> Требования к содержанию и оформлению подсчетов запасов месторождений твердых полезных ископаемых определяет «Инструкция о порядке представления в ГКЗ и ТКЗ материалов по подсчету запасов полезных ископаемых», Госгеолтехиздат, 1955. Аналогичные требования к подсчетам запасов месторождений нефти и газа содержит «Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям нефти и газа», Госгеолтехиздат, 1955.

Требования к содержанию, объему и оформлению отчетов по эксплуатационным запасам подземных вод содержит «Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод», Госгеолтехиздат, 1952.

горнопроходческих, гидрогеологических, опробовательских и т. д.) с указанием их объемов.

Сведения об эксплуатации месторождения, год ввода в эксплуатацию, добытое количество полезного ископаемого, данные о потерях при эксплуатации.

В отчетах о месторождениях, представляемых на рассмотрение впервые, необходимо дать характеристику работ лиц, рекомендовавших и обосновавших постановку поисковых работ, открывших месторождение и разведавших его.

Краткая геологическая характеристика района. Краткие сведения по стратиграфии и литологии, тектонике, вулканизму, полезным ископаемым и истории геологического развития района. Из этих сведений должны вытекать выводы о геологическом возрасте месторождения и о приуроченности его к определенным элементам геологической структуры района.

Для россыпных месторождений этот раздел должен быть дополнен гидрографическим и геоморфологическим очерками.

Геологическое строение месторождения. Геологическое строение месторождения или участка месторождения; описание горных пород, слагающих месторождение, их взаимоотношения, условия залегания и характеристика основных элементов тектоники; положение тел полезных ископаемых в стратиграфическом разрезе и структуре участка; при описании структурных элементов, формы тел полезных ископаемых и их положения в стратиграфическом разрезе приводится обоснование авторских построений и увязок (маркирующие горизонты, случаи подсечения разрывных нарушений разведочными и эксплуатационными выработками и т. д.).

Описание тел полезных ископаемых: форма, размеры, мощность, длина по простиранию и падению, количество тел полезных ископаемых, внутреннее строение и характер выклинивания; изменчивость тел по простиранию и падению; разделение тел по петрографическому, минералогическому, механическому и химическому составу, структуре и текстуре; природные типы полезного ископаемого; первичные и вторичные изменения пород около тел полезного ископаемого; содержание полезных и вредных компонентов, изменчивость их по мощности, простиранию и падению тела полезного ископаемого.

Геологические условия образования (генезис) месторождения.

Гидрогеологическая характеристика месторождения. Объем, методика и содержание гидрогеологических исследований и наблюдений, выполненных при разведках. Описание водоносных горизонтов, их литологический состав, статические и пьезометрические уровни, гидростатические напоры вод, коэффициенты фильтрации, площади возможной инфильтрации поверхностных вод; взаимосвязь вод различных горизонтов кровли, почвы и тела полезного ископаемого; описание пьезунов; состав и качество подземных вод; сведения о распространении вечной мерзлоты; определение величины возможного притока воды в момент вскрытия месторождения и величины возможного притока при эксплуатации; данные по водоотливу действующих шахт и карьеров. Характеристика источников водоснабжения.

Методика геологоразведочных работ. Методика разведки месторождения. Обоснование принятой методики в зависимости от типа месторождения; объем проведенных разведочных работ и степень разведанности месторождения на поверхности и на глубине; обоснование принятых расстояний между разведочными выработками и скважинами; сечения горных выработок; конструкция скважин и методы измерения зенитных и азимутальных искривлений; техника переборки тел полезных ископаемых скважинами; выход керна по вмещаю-

щим породам и по телу полезного ископаемого; описание контрольных методов разведки и их результаты; перечень дефектных выработок и скважин, не подлежащих учету при подсчете запасов, и причины их исключения.

Каротажные работы и обоснование принятой интерпретации каротажных данных. Результаты применения боковых стреляющих грунтоносов с указанием интервалов и глубин прострелов. Сопоставление данных каротажа с данными бурения и горных работ и оценка достоверности показаний бурения и каротажа.

Опробование полезных ископаемых. Метод отбора проб в горных выработках и скважинах, размеры проб и расстояния между ними, схема обработки проб и ее обоснование. Результаты контрольного опробования; влияние избирательного истирания керна (если таковое наблюдается) на качество опробования буровых скважин. Методика производства анализов, на какие элементы анализировались пробы; где, в каком количестве и каким методом был осуществлен анализ контрольных и арбитражных проб; результаты контрольного и арбитражного анализов и выводы о точности анализов, использованных при подсчете запасов. Метод отбора проб для технологических испытаний.

Сопоставление данных геологоразведочных работ с фактическими материалами эксплуатации месторождения (мощность, строение рудного тела, качество полезного ископаемого и т. д.), анализ причин расхождения этих данных и выводы о качестве разведочных работ на месторождениях.

Качественная и технологическая характеристика полезного ископаемого. Физические свойства и химический состав полезного ископаемого. Промышленные требования (кондиции) и оценка качества полезного ископаемого с точки зрения этих требований. Характер изменения качества полезного ископаемого в контурах тел полезного ископаемого. Промышленные сорта полезного ископаемого. Характеристика отобранных технологических проб и проведенных технологических испытаний. Материалы по разработке схем обогащения и промышленного использования полезного ископаемого, технологическая оценка разведенного сырья. Для эксплуатируемых месторождений фактические данные по качеству товарной продукции рудника и показатели работ предприятий по обработке этой продукции, в частности, обогатительных фабрик.

Горнотехнические условия эксплуатации месторождения. Физико-механические свойства вмещающих пород и тел полезного ископаемого (устойчивость пород кровли и почвы, квиваж, крепость, твердость, кусковатость, влажность, газоносность, пыленосность). Факторы, затрудняющие эксплуатацию и требующие проведения специальных мероприятий при отработке месторождения. Соображения о наиболее целесообразном способе отработки месторождения (для открытых работ — соотношение вскрыши к полезной толще, для подземных — глубина залегания, возможность отработки штольнями, рабочая мощность). Для эксплуатирующихся месторождений фактические данные об условиях отработки.

Подсчет запасов. Обоснование принятых в подсчете минимальных мощностей и содержаний полезных компонентов и максимальных содержаний вредных примесей. Методика оконтуривания запасов; обоснование примененных методов подсчета запасов;

метод определения средних мощностей тел полезных ископаемых и средних содержаний компонентов, запасы которых подсчитываются; способ учета «ураганных» содержаний и мощностей; способ учета крупных зерен полезного компонента, «каменности» рыхлых отложений при россыпных месторождениях;

способ измерения площадей блоков;  
методика определения и обоснование принятого в подсчете объемного веса, влажности и других параметров, необходимых для подсчета запасов;

принятые при подсчете запасов коэффициенты рудоносности, поправочные коэффициенты (для мощности, содержания, объемного веса и другие) с обоснованием их;

принципы распределения запасов по блокам и категориям и пояснения к построению отдельных блоков по каждому телу полезного ископаемого;

общие результаты подсчета запасов. Если подсчет запасов произведен на площади, перекрывающей площадь, на которой они ранее подсчитывались и утверждались ГКЗ или ТКЗ, необходимо произвести сопоставление вновь подсчитанных запасов с утвержденными на площади перекрытия и объяснить причины изменения запасов. Для разрабатываемых месторождений необходимо дать сопоставление запасов, подсчитанных по данным разведки с фактическими данными эксплуатации.

**Эффективность геологоразведочных работ.** Денежные затраты на разведку и изучение месторождения: общие по основным видам работ; стоимость проходки одного погонного метра буровых скважин и горных выработок, сравнение их с плановыми. Стоимость разведки одной тонны (или другой единицы) полезного ископаемого (если возможно по категориям запасов); сравнение ее с плановой и со стоимостью разведки аналогичного сырья на других месторождениях. Сроки проведения и стоимость камеральных работ. Анализ недостатков методики разведочных работ, обусловивших излишние затраты. Предложения и рекомендации в направлении улучшения методики разведочных работ и снижения их стоимости в дальнейшем.

**Заключение.** Основные выводы о геологической изученности месторождения и технологической изученности полезного ископаемого. Выполнение задания по приросту запасов. Степень подготовленности месторождения для промышленного освоения. Оценка перспектив месторождения. Задачи и направление дальнейших геологоразведочных работ.

**Таблицы подсчета запасов.** Главными таблицами являются:

1) таблицы вычислений средних мощностей, содержаний компонентов и других параметров для подсчета запасов по скважинам, выработкам и блокам;

2) таблицы площадей, вычислений объемов, запасов полезного ископаемого и запасов компонентов по блокам, участкам и отдельным телам;

3) сводная таблица запасов полезного ископаемого и компонентов по его промышленным типам или сортам и категориям запасов с указанием средней качественной характеристики для каждой категории, а также для групп  $A_2 + B$  и  $A_2 + B + C_1$ .

Для запасов, отнесенных к забалансовым, составляется отдельная таблица.

**Графические материалы.** Главными графическими материалами являются:

1) обзорная карта района месторождения масштабов 1 : 500 000—1 : 1 000 000 с указанием железных и шоссейных дорог, рек, населенных пунктов и крупных месторождений полезных ископаемых;

2) геологическая карта района месторождения масштабов 1 : 25 000—1 : 200 000 со стратиграфической колонкой и разрезами, проходящими через месторождение или вблизи него; в необходимых случаях геологическая карта рудного поля масштаба 1 : 10 000—1 : 25 000;

3) геологическая карта месторождения на основе инструментальной съемки масштабов 1 : 1000—1 : 5000 с изображением на ней устьев всех разведочных и эксплуатационных выработок и скважин;

4) геологические планы горизонтов горных работ масштабов 1 : 100—1 : 2000, заверенные маркшейдерской службой горного предприятия;

5) геологические разрезы по разведочным линиям масштабов 1 : 100—1 : 5000;

6) дополнительные карты и разрезы, характеризующие форму, условия залегания и строение тел полезных ископаемых (представляются только в том случае, если они имеют важное значение для избранного метода подсчета запасов или определения условий эксплуатации); карты и разрезы, характеризующие гидрогеологические и горно-технические условия месторождения;

7) планы, разрезы или проекции тел полезных ископаемых для подсчета запасов с нанесением на них основных данных по всем горным выработкам и буровым скважинам, контуров подсчетных блоков по сортам и категориям запасов. Для каждого блока должны быть указаны: номер, площадь, средняя мощность полезного ископаемого, среднее содержание компонентов и категория запасов.

Документация геологоразведочных работ и другие исходные данные. К подсчету запасов должны прилагаться следующие материалы первичной документации:

1) колонки всех буровых скважин в масштабе не мельче 1 : 200, а для скважин глубже 500 м — не мельче 1 : 500 или буровые журналы с указанием места взятия проб, выхода керна по интервалам, с послойным описанием пройденных пород и указанием элементов их залегания, нарушенности и данных гидрогеологических наблюдений; в случае проведения каротажных работ — также каротажные диаграммы в масштабе 1 : 200 для всей скважины или 1 : 50 для интервалов, содержащих тела полезных ископаемых; результаты грунтоносных работ изображаются на каротажных диаграммах в масштабе 1 : 50.

2) зарисовки горных выработок с описанием пройденных пород или заменяющие их журналы;

3) планы опробования с точной привязкой всех проб, отобранных как по промышленной части залежи полезного ископаемого, так и за ее пределами, с указанием номеров проб и результатов анализа;

4) журналы опробования или заменяющие их таблицы анализов с указанием химических лабораторий, в которых производились анализы; в необходимых случаях также акты об отборе проб для полужаводских и заводских испытаний;

5) справки от соответствующих организаций о кондициях: бортовом и минимальном среднем содержании полезных компонентов и о верхнем пределе содержания вредных компонентов, рабочей мощности полезного ископаемого; допустимой мощности вскрышных пород и пр.;

6) материалы о результатах лабораторных, полужаводских и заводских испытаний сырья;

7) таблицы определений объемного веса, влажности, физико-механических свойств по сортам и природным типам полезного ископаемого;

8) таблицы замеров углов зенитных и азимутальных искривлений скважин;

9) ведомость координат и высотных отметок устьев горных выработок и буровых скважин;

10) фактические материалы по гидрогеологическим, геофизическим и другим специальным работам.

## СОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Текст отчета. Ниже приводится примерная схема текстовой части отчета и общий перечень вопросов, подлежащих освещению в каждом разделе.

Введение. Задачи проведенных геологоразведочных работ. Выполнение рекомендаций ГКЗ.

Общие сведения о месторождении. Географическое положение месторождения, его географические координаты. Административное положение — республика, область, край, район.

Экономические сведения — транспортные условия, условия водоснабжения, местные строительные материалы и др.

Сведения о рельефе, гидросети и климате.

Сведения о геологическом изучении месторождения. История открытия и разведок месторождения.

Характеристика проведенных геологоразведочных работ, их объем и основные результаты работ. В отчетах о месторождениях, представляемых на рассмотрение впервые, необходимо дать характеристику работ геологов, рекомендовавших и обосновавших постановку поисковых работ, открывших месторождение и разведавших его.

Сведения об эксплуатации месторождения, год ввода в эксплуатацию, добытое количество нефти и газа.

Геологическое строение района и месторождения. Краткая геологическая характеристика района.

Геологическое строение месторождения, его стратиграфия, тектоника и характеристика основных элементов структуры по различным горизонтам.

Нефтеносность и газоносность месторождения. Продуктивные свиты, количество нефтегазоносных горизонтов, их мощность; тип месторождения и условия залегания нефти или газа, этаж нефтеносности или газоносности отдельных горизонтов; взаимоотношения залежей нефти с газом и водой для нефтяного месторождения и газа с нефтью и водой для газового месторождения. Обоснование контуров нефтеносности или газоносности по кровле и подошве по горизонтам.

Физико-петрографическая характеристика коллекторов продуктивных горизонтов. Сводные обработанные данные эффективных мощностей и коллекторских свойств нефтеносных или газоносных горизонтов, а также их физико-химическая характеристика.

Гидрогеологическая характеристика месторождения и его режим. Объем, содержание и методика гидрогеологических исследований и наблюдений, выполненных при разведке; описание водоносных горизонтов, их литологический состав, статические и пьезометрические уровни, гидростатические напоры вод, источники питания горизонтов и характеристика водонапорной системы; физико-химическая характеристика пластовых и промежуточных вод на основе приведенных анализов; режим продуктивных горизонтов и его обоснование.

Физико-химическая характеристика нефти и газа. Полные анализы нефти и газа, их качественная характеристика, количество стабилизированного конденсата в газе газовых месторождений.

Геологоразведочные работы. Методика разведки месторождения; характеристика пробуренных скважин, подробные данные об их опробовании, испытании и пробной эксплуатации

характеристика нефтеносных или газоносных горизонтов; вынос керна и данные о проведенных геофизических и физико-химических исследованиях.

Условия рациональной эксплуатации месторождения по объектам подсчета запасов. Характеристика намечаемой или применяемой системы разработки; характеристика эксплуатации горизонтов, количестве добытой нефти, газа и воды (в необходимых случаях и по отдельным скважинам). В случае аварийного фонтанирования или утечек нефти и газа должны быть приведены хотя бы ориентировочные данные о размерах потерь.

Подсчет запасов нефти и газа. Обоснование принятых методов подсчета запасов, параметров и коэффициентов, положенных в основу расчета. Обоснование выделенных площадей, средних мощностей, контуров и категорий запасов. Принципы распределения запасов по категориям.

Подсчет запасов должен производиться отдельно по каждому продуктивному горизонту. При наличии геологически обособленных участков или блоков подсчет запасов по ним производится также отдельно.

Полученные цифры общих, балансовых и забалансовых запасов нефти или газа по всем горизонтам месторождения должны быть сведены в сводные таблицы и сопоставлены с ранее утвержденными ГКЗ с учетом результатов эксплуатации, если запасы представляются на переутверждение. При подсчете запасов по низким категориям с применением метода аналогии необходимо привести данные о месторождениях или пластах, с которых проводится эта аналогия, и обосновать примененную аналогию.

Эффективность геологоразведочных работ. Денежные затраты на разведку и изучение месторождения — общие и по основным видам работ; стоимость проходки одного погонного метра и сравнение ее с плановой. Стоимость разведки одной тонны нефти или газа (если возможно, по категориям запасов). Анализ недостатков разведочных работ, обусловивших излишние затраты. Предложения и рекомендации в направлении улучшения разведочных работ по данному месторождению.

Заключение. Основные выводы о геологической изученности и степени разведанности месторождения, оценка его перспектив и основные задачи дальнейшего направления его разведки. По газовым месторождениям даются соображения о направлении использования его ресурсов.

Таблицы к подсчету запасов. Обязательными являются:

1) таблицы, обосновывающие построение карт (структурных, равных и эффективных мощностей, пористости, водонефтяного контакта) и вычисления средних мощностей, пористости, нефте-, газо- и водонасыщения, а также других параметров, принятых для подсчета запасов нефти и газа; сведения об интервалах перфорации колонн (при опробовании и эксплуатации скважин), добыче нефти, газа и воды по скважинам (в том числе и при аварийном фонтанировании);

2) таблицы вычисления площадей, объемов и запасов нефти и газа по пластам (горизонтам) и блокам;

3) сводная таблица общих запасов нефти и газа с разделением их на балансовые и забалансовые по пластам, горизонтам, блокам и категориям с приведением принятых средних исходных данных по подсчету запасов нефти и газа.

Графические приложения. Отчет должен содержать следующие чертежи:

1) обзорную карту района масштаба 1 : 500 000, 1 : 200 000 или 1 : 100 000 с указанием железных и шоссейных дорог, рек, населенных

пунктов, расположения месторождения, по которому приводится подсчет, а также соседних нефтяных и газовых месторождений;

2) геологическую карту месторождения масштаба 1 : 50 000—1 5000 с нанесением на нее контуров месторождения и всех структурных, разведочных и эксплуатационных скважин с выделением участков, по которым запасы были ранее утверждены;

3) нормальный разрез месторождения с каротажной характеристикой;

4) геологические разрезы (поперечные и продольные) по месторождению с обозначением на них расположения залежей нефти и газа, водонефтяного, газонефтяного или газоводяного контактов;

5) корреляционные профили продуктивных горизонтов и вмещающих отложений по данным каротажа с привлечением в случае необходимости данных керна, бокового грунтоноса и т. п.;

6) структурные карты по кровле и подошве пластов, по которым подсчитываются запасы, с обозначением их характеристики и нанесением всех скважин, вскрывших пласт;

7) карты изолиний эффективной мощности или удельных эффективных объемов нефтяной или газовой залежи, а также изопакит продуктивного горизонта в масштабе 1 : 50 000—1 : 5000;

8) подсчетные планы для каждого пласта, по которому подсчитываются запасы нефти и газа, в масштабе 1 : 5000—1 : 50 000 (в зависимости от размеров месторождения). Подсчетные планы должны представлять структурные карты по кровле пласта или горизонта. На подсчетном плане должны быть указаны границы различных категорий с обозначением условными значками результатов всех пробуренных скважин на дату подсчета. Необходимо показать скважины:

а) давшие безводную нефть или газ (начальный и текущий дебиты на дату подсчета);

б) давшие нефть или газ с водой (дата появления воды, процент воды на дату подсчета);

в) давшие или дающие воду (начальный и текущий дебиты);

г) давшие или дающие газ (начальный и текущий дебиты);

д) встретившие притоки нефти (или газа) при вскрытии пласта или горизонта (или показавшие благоприятные признаки по каротажу), но не испытанные;

е) не встретившие признаков нефти (или газа) при вскрытии пластов (или показавшие наличие воды по боковому каротажному зондированию);

ж) встретившие пласт или горизонт в глинистой или в плотной (по пористости) фации.

На этом же плане указываются контуры нефтеносности или газосносности (начальный и на дату подсчета), а также поля и блоки, если таковые имеются;

з) графики и диаграммы, характеризующие дебит нефти, газа и воды по скважинам, по пласту и в целом по месторождению.

Документация геологоразведочных, эксплуатационных работ и другие исходные данные. К подсчету запасов нефти и газа должны прилагаться следующие материалы первичной документации.

1. Геологические разрезы — колонки буровых скважин, обосновывающих запасы, с выделением продуктивных горизонтов, указанием интервалов отбора керна и описанием пройденных пород.

2. Электрокаротажные диаграммы скважин, на которых должны быть указаны границы пластов, выделены продуктивные участки, указаны их мощности в цифрах (отдельно выделены принятые для расчета мощности по интервалам), интервалы прострела дыр и результаты испытания, характеристика пластов по данным бокового каротажного

зондирования (БКЗ), а также указано положение контакта нефть (газ)-вода. Прилагаются диаграммы радиоактивного, газового и термометража с их интерпретацией. По возможности каротажные диаграммы скважин совмещаются с геологическими колонками на одном чертеже.

3. Акты об испытании скважин и результаты этого испытания.
4. Первичные (или заверенные) данные лабораторных определений — пористость, проницаемость, нефте- и водонасыщенность, механические анализы пород, анализы нефти, газа, воды.
5. Данные о растворимости газа в нефти, усадка нефти, отклонение углеводородных газов данного месторождения от идеальных газов.
6. Сведения об интервалах отбора керна по скважинам.
7. Таблицы о добыче нефти и газа по скважинам для рассматриваемых пластов; фактические данные о замерах пластовых давлений, газовых факторов и температуры пласта.
8. Ведомость координат устьев буровых скважин и их альтитуды с указанием в ней, что принимается за устье скважин — стол ротора или земля.
9. Таблицы замеров углов и азимутов искривления скважин.
10. Корреляционные и прочие таблицы и диаграммы по подсчету запасов в соответствии с принятым методом.
11. Справка от промышленной организации о показателях, определяющих возможность и степень (коэффициент) извлечения запасов нефти и газа при современном уровне техники и экономики по рассматриваемым пластам и горизонтам месторождения. В сложных случаях представляется технико-экономическое обоснование их.

#### СОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОДСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Для обоснования эксплуатационных запасов подземных вод составляется отчет, в котором должны быть освещены геологические и гидрогеологические условия, состав подземных вод и содержаться гидрогеологические данные, необходимые для проектирования, строительства и эксплуатации водозаборов. Для обоснования запасов категории  $C_2$  в отчете достаточно охарактеризовать общее геологическое строение района, гидрогеологические условия и провести прогноз водоносности и состава подземных вод; к отчету следует приложить геологическую карту района и схему водоносных горизонтов (зон).

Для обоснования подсчета запасов категорий  $C_1$ ,  $B$  и  $A_2$  должен быть составлен более подробный отчет.

Степень полноты освещения отдельных вопросов в этом отчете зависит от детальности проведенных исследований; наиболее полно должны быть представлены те материалы, которые используются для практических целей, в частности для обоснования подсчета эксплуатационных запасов подземных вод.

Текст отчета. Может быть рекомендована следующая схема текстовой части отчета:

Введение.

Местоположение района и пути сообщения.

Геологическая и гидрогеологическая изученность района.

Объем и методика выполненных работ.

Орогидрография района с необходимыми гидрологическими данными по поверхностным водам.

Климатические данные.

Геологическое строение (стратиграфия, литология, тектоника, геологическая история).

Геоморфологическое описание района, для неглубоких подземных вод и источников — более подробное.

Гидрогеологические условия — распространение водоносных горизонтов (зон), мощность и глубина залегания кровли и подошвы, питание и дренаж, положение уровней воды, данные опытных откачек из скважин и колодцев, кратковременные наблюдения за изменениями уровней подземных вод и дебитами источников, данные аналогов и по соседним участкам более детальных изысканий или эксплуатации подземных вод.

Химический и газовый составы подземных вод по данным физических, химических и бактериологических анализов.

Гидрогеологические расчетные данные для проектирования водозаборов.

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод и заключение о вероятной производительности водозабора с учетом потребности.

Гидрогеологические данные и соображения по установлению округов и зон санитарной охраны.

Для районов вечной мерзлоты и газоносных вод в отчет вводятся соответствующие дополнительные главы.

Текстовые и графические приложения. К отчету должны быть приложены:

- 1) таблицы полевых наблюдений и лабораторных исследований;
- 2) геологические и гидрогеологические карты для слабо изученных артезианских вод в масштабе 1:25 000 — 1:100 000, для грунтовых и неглубоких напорных вод — в масштабе 1:25 000 — 1:100 000, а для участков выходов источников — в масштабе 1:10 000 — 1:25 000 и на более широкой площади — в масштабе 1:50 000 — 1:200 000;
- 3) гидрогеологические и технические разрезы скважин и колодцев;
- 4) гидрогеологические профили.

Для обоснования запасов категории  $A_2$  графические приложения дополняются геологическими и гидрогеологическими картами района: для грунтовых и неглубоких напорных вод — в масштабе 1:25 000 — 1:200 000, для источников — в масштабе 1:50 000 — 1:200 000 и для слабо изученных артезианских вод — в масштабе 1:25 000 — 1:100 000.

Для участков водозаборов при использовании источников представляются геологические и гидрогеологические карты в масштабе 1:2000 — 1:5000, а при использовании грунтовых и неглубоких напорных вод — в масштабе 1:500 — 1:10 000.

В графических и табличных приложениях, представляемых к отчету для обоснования запасов артезианских вод по категории  $A_2$ , должен содержаться топографический план участков водозабора в масштабе 1:2000 — 1:5000.

При обосновании запасов категории  $A_1$  особое внимание обращается на данные эксплуатации и анализ стационарных гидрогеологических наблюдений. При этом рассматриваются данные об изменении дебита, температуры, качественного и газового состава подземных вод. В отчет также вводятся дополнительные главы об эксплуатации и режиме подземных вод.

#### ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТОВ

Текст отчета и приложения к нему должны быть переплетены и подписаны авторами подсчета. Все страницы отчета и текстовые приложения должны быть пронумерованы единой нумерацией.

На титульном листе отчета должны быть указаны: название организации, производившей разведку и выполнившей подсчет запасов, полное название месторождения и полезного ископаемого, район рас-

положения месторождения, на какую дату произведен подсчет запасов. На титульном листе должны быть подписи должностных лиц вышестоящих организаций, утвердивших отчет и подсчет запасов, скрепленные печатью.

Материалы первичной документации, кроме исполнителей, должны быть подписаны геологом партии или предприятия.

После титульного листа должна помещаться аннотация (краткое содержание отчета). В конце отчета следует приложить список главной-шей геологической литературы по району и месторождению.

Отчет должен иметь полное оглавление с перечнем всех разделов и приложений. В списке графических материалов необходимо указать порядковые номера и названия чертежей, их масштабы.

На каждом чертеже должны быть указаны: номер и название его; название организации, производившей разведку месторождения; фамилии авторов, составивших чертеж, и лиц, утвердивших его, с их подписями, скрепленными печатью; числовой и линейный масштабы; координатная сеть; ориентировка по странам света.

Один экземпляр графических приложений, предназначенный для постоянного хранения во Всесоюзном геологическом фонде, исполняется в черной туши на кальке или в виде копий, отпечатанных типографией; остальные экземпляры чертежей могут быть оформлены в виде светоконий.

Графические приложения должны быть помещены в папки, но не переплетены и не сшиты; каждый чертеж должен легко извлекаться для рассмотрения.

Все экземпляры отчета должны быть оформлены одинаково.

Если отчет рассматривался в местных квалификационных комиссиях, к нему должны быть приложены заключения этих комиссий и отзывы экспертов.

## ЛИТЕРАТУРА

Абрамов С. К., Бабушкин В. Д. Методы расчета притока воды к буровым скважинам. Гос. изд. лит. по стронт. и арх. Москва, 1955.

Абрамов С. К., Семенов М. П., Чалищев А. М. Водозаборы подземных вод. Госстройиздат, 1956.

Абрамович М. В. Поиски и разведка залежей нефти и газа. Гостоптехиздат, 1948.

Авров В. Я. О подсчете запасов нефти методом кривых. «Нефтяная промышленность СССР» № 4, апрель 1941 г. Гостоптехиздат, 1941.

Агаджанов А. М. Расчет дебитов взаимодействующих в артезианском потоке скважин. Разведка недр, № 3, 1938.

Ажгирей Г. Д. Подсчет запасов способом блоков. Труды Московского института цветных металлов и золота, № 9, 1940.

Ажгирей Г. Д., Зенков Д. А. и др. Методы поисков и разведки полезных ископаемых. Госгеолгиздат, 1950.

Альбов М. Н. Опробование рудных месторождений. Металлургиздат, 1952.

Альбов М. Н., Быбочкин А. М., Логиновский В. М. Рудничная геология. Metallurgizdat, 1956.

Альпин Л. М. и Комаров С. Г. Расчеты по каротажу сопротивлений. Разведочная и промысловая геофизика, вып. 2, 1950.

Альтовский М. Е. Методическое руководство по расчету взаимодействующих артезианских и грунтовых водозаборов. Госгеолгиздат, 1947.

Андреева М. С. Недостатки в подсчете запасов некоторых месторождений нерудного сырья. Всесоюзная комиссия по запасам полезных ископаемых. Материалы по методам разведки и подсчету запасов под редакцией В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолгиздат, 1948.

Антонов М. Н., Вишневский П. Д. Ленточный способ подсчета запасов. Разведка недр, I, 1947.

Аравин В. И., Нумеров С. Н. Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде. Гос. изд. техн. лит., 1953.

Барышев Н. В. Некоторые замечания к вопросу об определении густоты сети опробования. Разведка недр, 4, 1937.

Барышев Н. В. Методы анализов руд на Pb, Zn, Cu, Ni, Mo и Sn в зависимости от представительности проб этих руд. Изв. ГУГФ, вып. 3, 1947.

Барышев Н. В. Точность анализа проб, используемых для подсчета запасов. Материалы по методам разведки и подсчету запасов под редакцией В. И. Смирнова. ВКЗ, вып. I, 1948.

Барышев Н. В. Контроль опробования. Материалы по методам разведки и подсчету запасов под редакцией В. И. Смирнова. ВКЗ, вып. II, 1948.

Барышев Н. В., Воздвиженский Б. И. и Гудалин Г. Г. Разведка металлических полезных ископаемых. ОНТИ, 1938.

Бауман В. И. К вопросу о подсчете запасов полезных ископаемых. Горный журнал, декабрь, 1908.

Бернштейн П. С. О точности определения границ промышленных руд, выделяемых из некондиционных только на основании данных опробования. Сборник материалов по геологии золота и платины № 2, 1946.

Бетехтин А. Г., Красновский Г. М., Рудин А. А. и Татарин П. М. Методы поисков, разведок, опробования и подсчета запасов месторождений хромистого железа. Госгеолиздат, 1941.

Билибин В. В. Методы математической статистики в подсчете подземных запасов нефти. Издание Г. Р. Б. Азнефть, 1930.

Билибин В. В. Методы подсчета подземных запасов нефти. Проблемы Советской геологии, 1, 2, 1936.

Билибин В. В. Подсчет подземных запасов нефти. АзОНТИ, 1937.

Биндеман Н. Н. Определение расхода грунтового потока по наблюдениям за понижением уровня грунтовых вод. Разведка недр, № 5. Госгеолиздат, 1950.

Богомолов Г. В. К методике определения производительности пластов откачкой. Гидротехгеоинститут, вып. 18, 1933.

Бойдаченко В. Н. и Тузов В. П. Результаты проведения каротажных работ в Подмосковном угольном бассейне. Разведка и охрана недр, № 2, 1956.

Бойкова Л. Н. Ошибки в разведке и утверждении запасов углей Зауткинского участка Завьяловского района Кузбасса. Всесоюзная комиссия по запасам полезных ископаемых. Материалы по методам разведки и подсчету запасов под редакцией В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолиздат, 1948.

Болдырев А. К. Теория подсчета запасов металла в расщурфовой россыпи. Горный журнал, 7, 8, 1914.

Болдырев А. К. О классификации запасов полезных ископаемых в месторождении. Горный журнал, № 11, 1926.

Болдырев А. К. Дополнение к статье «О классификации запасов полезных ископаемых в месторождении». Горный журнал, № 2, 1927.

Большина Б. и Покровская А. И. Об определении удельного веса железных руд Лилецкого района. Вестник ВГРО, № 7—8, 1932.

Бонштед-Куплетская Э. М. Определение удельного веса минералов АН, 1951.

Борзунов В. М. О соотношении запасов различных категорий, необходимых для передачи месторождений в промышленное освоение. Разв. и охр. недр, № 3, 1957.

Брод И. О. Классификация залежей нефти и газа по соотношению флюидов в природных резервуарах, ДАН СССР, т. III, № 1, 1946.

Васильев И. С., Барышев Н. В. и др. Курс методики разведочного дела, ОНТИ, 1933.

Введенский И. П. Таблицы для определения площадей и запасов полезных ископаемых по подсчетам планиметра Амслера. Горн. геол. нефт. издат., 1934.

Вендельштейн Б. Ю. Опыт выделения пластов бурого угля в Подмосковном угольном бассейне. Разведка недр, № 3, 1951.

Вендельштейн Б. Ю. Электролитический каротаж при разведке месторождений угля. Разведка недр, № 3, 1952.

Владыкин М. В. О применении формулы усеченной пирамиды к подсчету запасов. Труды ВНИМИ, сборник XIX, 1949.

Владыкин М. В. Математическая оценка качества химических анализов. Труды ВНИМИ, сборник XVIII, 1949.

Войтович А. Н. и Розин А. А. Поиски и разведка россыпных месторождений золота. Госгеолиздат, 1941.

Володомонов Н. В. Метод учета высоких проб. Сов. геол. 10—11, 1939.

Володомонов Н. В. Экономическая классификация запасов месторождений золота. Золотая промышленность, № 8—9, 1939.

Володомонов Н. В. О методах подсчета запасов жильных месторождений. Горный журнал, № 3—4, 1944.

Володомонов Н. В. Бортовое содержание металла. Сборник материалов по геологии золота и платины, № 7, 1948.

- Володько И. Ф. Использование подземных вод для орошения и водоснабжения. Сельхозгиз, 1953.
- Выломов В. С. Определение истинного удельного веса полезных ископаемых. Заволжская лаборатория, № 12, 1950.
- Вычегжанин А. Л. Таблицы для рационализации камеральных геологических работ и подсчета запасов полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1957.
- Газнер Г. Н. Анализ физико-энергетического состояния как метод рационализации разработки и эксплуатации нефтяных пластов. Азнефтегиздат, 1943.
- Галкин Б. И. Определение среднего объемного веса руд. Разведка недр, № 3, 1949.
- Галкин Б. И. О методике выявления количественных взаимосвязей между компонентами полезных ископаемых. Труды ВИМС, I, 1949.
- Гамбурцев Г. А. Методы интерпретации гравитационных наблюдений. Глава «Прикладная геофизика», сб. I, ОНТИ, 1936.
- Гамбурцев Г. А. Определение избытка или дефекта подземных масс на основании магнитных или гравитационных наблюдений. Журн. прикладной физики, т. 7, вып. 5, 1939.
- Геннев Н. Н., Абрамов Н. Н., Павлов В. И. Водоснабжение. Стройиздат, 1950.
- Геологический комитет СССР. К вопросу о классификации запасов полезных ископаемых. Горный журнал, № 7, 1927.
- Герсеванов Н. М. Основы динамики грунтовой массы. Главн. ред. стронт. лит., 1937.
- Гершойг Ю. Г. Рудничная геологическая служба в Криворожском бассейне. Рудничная геология, Госгеолиздат, 1946.
- Гидрогеологическое обслуживание при бурении эксплуатационных скважин для водоснабжения. Трансводстрой, 1954.
- Гиринский Н. К. Некоторые вопросы динамики подземных вод. Гидрогеология и инженерная геология. Сборник статей № 9, 1947.
- Гиринский Н. К. Определение коэффициента фильтрации. Госгеолиздат, 1950.
- Голубятников Д. В. Подсчет запасов нефти в недрах Апшеронского п-ова. Материалы по общей и прикладной геологии. Геологич. комитет, 1924.
- Гольбек Г. Р. и др. Физический метод определения содержания урана, радия и тория в радиоактивных рудах. Докл. сов. делегации на междунар. конф. в Женеве. Иссл. в обл. геологии, химии и металлургии. Изд. АН СССР, 1955.
- Горюнов М. С. Проект инструкции для подсчета запасов газа объемным методом. Разведка недр, № 7, 1940.
- Губкин И. М. Запасы нефти СССР. ОНТИ, 1937.
- Гурвич И. И. Сейсморазведка. Госгеолтехиздат, 1955.
- Гуцевич В. П. и др. Предварительная инструкция по подсчету запасов месторождения медных порфириновых руд Коунрада, 1934.
- Дахинов В. Н. Промысловая геофизика, Гостоптехиздат, 1947.
- Дахинов В. Н. Интерпретация каротажных диаграмм. Гостоптехиздат, 1948.
- Дахинов В. Н. Методика подсчета запасов нефти в заливообразных залежах литологического типа. Труды Моск. нефт. ин-та, 1948, вып. 8.
- Дахинов В. Н. и Ряполова В. А. Каротаж тонких пластов. Разведочная и промысловая геофизика, вып. 2, 1950.
- Дахинов В. Н. Применение радиоактивных методов при разведке полезных ископаемых. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии I—5 июля 1955 г. Заседания отделения технических наук. Изд. АН СССР, 1955.
- Дружинин Н. И. Метод электрогидродинамических аналогий и его применение при исследовании фильтрации. Госэнергоиздат, 1956.
- Дядькин И. Г. К теории гамма-каротажа буровых скважин. Изв. АН СССР, серия геофизическая, № 4, 1955.
- Жданов М. А. Основные пути для выработки метода подсчета запасов газа. Нефт. хоз., № 9, 1934.
- Жданов М. А. Методика подсчета запасов природных горючих (углеводородных) газов. АН СССР, 1940.
- Жданов М. А. и Напольский М. С. Методы исчисления запасов нефти. Гостоптехиздат, 1948.
- Жданов М. А. Основы подсчета запасов нефти с помощью уравнений материального баланса. Нефт. хоз. № 4, 1949.
- Жданов М. А., Лазарев В. Н. Обобщение уравнений материального баланса для подсчета запасов нефти. Труды МНИ, вып. II, 1951.
- Жданов М. А. Основные задачи усовершенствования методики подсчета запасов нефти. Нефт. хоз., № 3, 1952.
- Жданов М. А. Методы подсчета подземных запасов нефти и газа. Госгеолиздат, 1952.
- Жданов М. А. Современные задачи по классификации запасов нефти. Труды Акад. нефт. промыш. вып. I, 1954.
- Жуков В. А., Толстой М. П., Троянский С. В. Артезианские воды каменноугольных отложений Подмосковной палеозойской котловины. ГОНТИ, 1939.

Журавский А. М. Современное положение методики подсчета запасов полезных ископаемых. Труды Вс. конф. по геол. и геофиз. работам при Госплане СССР, 1932.

Журавский А. М. Аналитическое выражение геологической ошибки размера запасов месторождений. Известия Центрального научно-исследовательского маркшейдерского бюро, вып. III, ОНТИ, 1935.

Журавский А. М. Общие методы подсчета запасов рудных месторождений, ГГРУ, 1937.

Закс С. Л. Остаточная вода нефтяных коллекторов. Изв. АН СССР, отд-ние техн. наук, VII, № 7, 1947.

Захариев Е. Б. Способы зачисление на запасы «Минно дело». София № 7—8, 1949.

Захариев Е. Б. Исчисление запасы на полезныи ископаемы. София, 1952.

Зенков Д. А. О точности подсчета запасов категории А по Дарасунскому месторождению. Сов. золотопром., № 9, 1935.

Зенков Д. А. Подсчет запасов категории А по Дарасунскому золоторудному месторождению. Сов. золотопром., № 9, 1935.

Зенков Д. А. Опыт применения коэффициента изменчивости свойств рудного тела к подсчетам запасов и некоторым вопросам опробования. Труды Золоторазведки и Нигризолота, вып. IV, 1936.

Зенков Д. А. Анализ точности вычисления среднего содержания металла по категории А и В, в связи с густотой опробования по Дарасунскому месторождению. Труды Нигризолота, 15, 1941.

Зенков Д. А. Рудничная геология на Дарасунском золото-мышьяковом месторождении. Рудничная геология. Сборник под редакцией В. М. Крейтера и В. И. Смирнова, 1946.

Зенков Д. А. Об основных свойствах разведочных сеток. Разведка недр № 4, 1950.

Зильберминц В. и Крестовников В. В. К вопросу о методике определения пористости горных пород. Изд. НТУ ВСНХ, 1928.

Золотарев А. С. Подсчет запасов полезного ископаемого в блоке между сходящимися профилями. ОНТИ, 1936.

Иванов А. А. Основы геологии и методики поисков, разведки и оценки месторождений минеральных солей. Госгеолиздат, 1953.

Игнатович Н. К. О методике подсчета запасов подземных вод артезианского бассейна. Разведка недр, № 8, 1937.

Изаксон С. С. Подсчет запасов полезных ископаемых. Углетехиздат, 1948.

Изаксон С. С. К методике определения запасов полезных ископаемых в недрах и на поверхности шахт. Углетехиздат, 1952.

Изаксон С. С. Контрольные вычисления при подсчете запасов полезных ископаемых и определение погрешности подсчета. Углетехиздат, 1953.

Инструкция и классификация запасов твердых полезных ископаемых ГГРУ, Ленинград, 1931.

Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям твердых полезных ископаемых, вып. III, неметаллические ископаемые, Госгеолиздат, 1941.

Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям твердых полезных ископаемых, вып. IV, неметаллические ископаемые, Госгеолиздат, 1942.

Инструкция по подсчету запасов золота и олова в россыпях. Главн. упр. Строит. Дальнего Севера НКВД СССР, Геологоразведочное управление, Магадан, 1944.

Инструкция по учету подготовленных к добыче запасов руды (песков) и классификация горных выработок на рудниках и приисках Наркомата цветной металлургии. Metallurgizdat, 1944.

Инструкции ГКЗ при Совете Министров СССР по применению классификации запасов к месторождениям: барита и виверита (1956); бокситов (1955); борного сырья (1957); вольфрама (1956); гипса и ангидрита (1956); горючих сланцев (1954); графита (1954); доломитов и магнезитов (1955); естественных каменных строительных материалов (1955); железных руд (1956); золота (1955); известняков (1954); калийных солей и каменной соли (1954); кварцевых песков для стекольного производства (1954); кирпично-черепичных глин и суглинков (1954); кобальтовых руд (1956); марганцевых руд (1955); меди (1954); молибдена (1955); мышьяковых руд (1956); нефти и газов (1955); никелевых руд (1954); огнеупорных глин (1954); озерных солей (1956); оловянных руд (1955); россыпей золота, платины, олова и вольфрама (1954); ртутных месторождений (1954); самородной серы (1954); свинца и цинка (1954); слюды — мусковита и сурьмы (1954); тантала, ниобия, циркония, гафния, бериллия, лития, цезия, рубидия, скандия и редких земель (1955); углей (1954); формовочных песков (1954); фосфоритов (1954); хромитов (1954); цементного сырья (1954). Госгеолтехиздат.

Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям бокситов. Госгеолиздат, 1945.

Инструкция о порядке внесения и оформления материалов по подсчету запасов полезных ископаемых, представляемых для утверждения во Всесоюзную комиссию по запасам (ВКЗ) и Территориальной комиссии по запасам (ТКЗ) Министерства геологии СССР. Госгеолтехиздат, 1948.

- Инструкция о порядке представления в ВКЗ и ТКЗ материалов по подсчету запасов. Госгеолиздат, 1949.
- Инструкция о порядке представления в ГКЗ и ТКЗ материалов по подсчету запасов полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1954.
- Инструкция по учету запасов руды песков и металла. Главспеццветмет, 1948.
- Инструкция по применению классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых, вып. I, Металлы. Госгеолиздат, 1948.
- Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод. Госгеолиздат, 1952.
- Инструкция по составлению проектов и смет по промышленному и жилищно-гражданскому строительству. Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре, 1952.
- Инструкция по учету запасов полезных ископаемых и по заполнению формы № 1 — зап., ВГФ, МГНОН, Госгеолтехиздат, 1954.
- Искендеров М. А. Нефтепромысловая геология и разработка нефтяных месторождений. Азнефтеиздат, 1956.
- Казаковский Д. А. К вопросу о влиянии интервала между скважинами и способа их расположения на величину ошибки в подсчете объема полезного ископаемого. Труды Центрального научно-исследовательского маркшейдерского бюро, ОНТИ, 6, 1937.
- Казаковский Д. А. Оценка точности результатов в связи с геометризацией и подсчетом запасов месторождений, 1948.
- Каллистов П. Л. Асимметрия распределения некоторых свойств золота и связанные с ней погрешности определения запасов. Сборник материалов по геологии золота и платины, вып. 9, Главспеццветмет, 1948.
- Каллистов П. Л. Учет высоких проб и самородков при подсчете запасов месторождений золота. Главспеццветмет, 1952.
- Каллистов П. Л. Техническое опробование золоторудных месторождений. ОБТИ, 1953.
- Каллистов П. Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании. Сов. геол., № 53, 1956.
- Каменский Г. Н., Биндеман Н. Н., Вевиоровская М. А., Альтовский М. Е. Режим подземных вод. ГОНТИ, 1938.
- Каменский Г. Н. Основы динамики подземных вод. Госгеолиздат, 1943.
- Каменский Г. Н. Понски и разведка подземных вод. Госгеолиздат, 1947.
- Каменский Г. Н., Климентов П. П., Овчинников А. М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1953.
- Классификация запасов твердых полезных ископаемых. Институт горного дела АН, отделение технических наук, 1939.
- Классификация запасов твердых полезных ископаемых. Разведка недр, № 1, 1940.
- Козлов А. Л. Классификация и методика подсчета запасов природных газов. Гостоптехиздат, 1947.
- Колесников М. С. К вопросу об определении запасов нефти нефтяных месторождений и выработки метода оценки нефтеносных запасов и норм погашения последних в калькуляции себестоимости нефти. АНХ, № 1, 1924.
- Кониопляндев М. А. Об одном случае геометризации рудных тел при подсчете запасов. Разведка и охрана недр, № 4, 1956.
- Константинов К. Вверху сондажные произывания на рудни жили със стръмено падение. «Минно дело», 1, София, 1953.
- Копытов А. и Величко А. Формула для подсчета запасов нефти объемным методом с учетом растворенного газа. Нов. нефт. техн. БТЭИ. Нефтепромысловое дело, вып. 5, 1955.
- Королев М. Г. и Харчук Л. П. Метод параллельных сечений в подсчете запасов барита месторождения Алык-Баши. Всесоюзная комиссия по запасам полезных ископаемых. Материалы по методам разведки и подсчету запасов под редакцией В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолиздат, 1948.
- Корсунский А. И. К вопросу определения удельного веса пористых тел. Зап. Мин. Общ. № 1—2, 1942.
- Корчебоков Н. А., Анохина К. Т. Определение ресурсов подземных вод Бобринковско-Донского района Подмосковного угольного бассейна. Разведка недр, 9, 1939.
- Косыгин А. И. К вопросу о приближенной сравнительной оценке нефтяных месторождений. Нефт. хоз., 5, 1933.
- Котульский В. К. и Курек Н. Н. Опыт применения вариационной статистики к анализам Риддерского м-ния. Горный журнал, 7, 1926.
- Котяхов В. И. Приближенный метод определения запасов нефти в трещиноватых породах. Нефт. хоз., 4, 1956.
- Котяхов Ф. И., Мельникова Ю. С., Требин Г. Ф., Казакова А. В. Об определении коэффициентов водонасыщения и нефтеотдачи пород по результатам анализа кернов. Нефт. хоз., 6, 1956.
- Красников В. И. Определение ошибок подсчета запасов твердых полезных ископаемых методом вариационной статистики. Институт горного дела АН СССР, 1937

- Красников В. И. Результаты экспериментальных работ по выявлению погрешностей подсчета запасов. Горный журнал, № 2, 1947.
- Красников В. И. Оценка месторождений в стадии предварительной разведки. Сов. геол., № 53, 1956.
- Красноярск М. М. Подсчет запасов в россыпи методом изолиний. Советская промышленность, 5, 1935.
- Крейтер В. М. Основные принципы классификации и подсчета запасов полезных ископаемых. АН СССР, отд. техн. наук, Горное дело, сер. 3, вып. 1, 1937.
- Крейтер В. М. Поиски и разведка полезных ископаемых. Госгеолыздат, 1940.
- Крениг А. А., Пожарицкий К. Л., Ярошенко А. Н. Руководство по подсчету запасов месторождений редких металлов. Гиредмет.
- Крениг А. А., Пожарицкий Н. Л. и Розин А. А. Руководство по подсчету запасов месторождений золота. Главзолото, 1940.
- Крениг А. А. Оценка результатов контрольных анализов разведочных проб. Сов. геол., 37, 1949.
- Куделин Б. И. Гидрогеологический анализ и методы определения подземного питания рек. Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф. П. Саваревского, т. V, изд. АН СССР, 1949.
- Кудрявцев Н. М., Старик-Блудов В. С. Подсчет запасов нефти по новым площадям объемно-генетическим методом. Разведка недр, 10—11, 1940.
- Кулибин В. А. Определение нижнего предела содержания полезного ископаемого в руде. Горный журнал, № 9, 1950.
- Кулибин В. А. Об определении бортового содержания полезного компонента в пробах при подсчете запасов. Разведка недр, № 3, 1951.
- Кумпан С. В. Курс разведочного дела, ч. I, ОНТИ, 1934, ч. II, 1937.
- Кумпан С. В. Основы классификации и подсчета запасов твердых полезных ископаемых (в части осадочных месторождений). АН СССР, отд. техн. наук, 1937.
- Ласки С. Г. Определение термина «Запасы руды». Известия Главного управления геологических фондов, вып. 3, Госгеолыздат, 1947.
- Лебедев А. Ф., Адлер Ф. Ю., Шехунов В. С., Матвеев А. К., Кушев Г. Л., Васильев П. В., Федоров В. С. Инструкция по классификации запасов угольных месторождений. Классификация запасов твердых полезных ископаемых. АН СССР, 1939.
- Левинатов Г. И. К методике подсчета запасов месторождений золота. Сов. золотопром., 6, 1935.
- Левинатов Г. Учет эксплуатационных запасов с применением графиков-диаграмм. Сов. золотопром., 12, 1935.
- Левинатов Г. И. Методы графических вычислений при подсчете запасов месторождений золота. Сборник трудов Всесоюзного треста Золоторазведка, № 2, 1936.
- Левидский А. В. Определение промышленного содержания металла в руде в зависимости от мощности жилы, степени обогащенности вмещающих пород и др. факторов. Геология и горное дело, Металлургиздат, 1947.
- Левоник Б. С. Об определении среднего минимально-промышленного содержания золота. Золотая промышленность, № 6, 1939.
- Лейбензон Л. С., Вилькер Д. С., Шумилов П. П., Яблонский В. С. Гидравлика. Гос. Научно-технич. Горно-геолого-нефт. изд., 1934.
- Лейбензон Л. С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. ОГИЗ. Гостехиздат, 1947.
- Ли В. Г. Об определении объемного веса и коэффициента влажности руд. Разведка и охрана недр, 3, 1954.
- Лиюгенький С. Я. Сравнительная оценка геофизического исследования рудных скважин способами измерения силы тока и электродных потенциалов. Разведка недр, № 6, 1952.
- Лиоренцевич Е. Ф. Методы подсчета запасов балластных материалов и анализ применимости их. Всесоюзная комиссия по запасам полезных ископаемых, материалы по методам разведки и подсчету запасов, под редакцией В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолыздат, 1948.
- Логачев А. А. Курс магниторазведки. Госгеолыздат, 1951.
- Ломизе Г. М. Фильтрация в трещиноватых породах. Госэнергоиздат, 1951.
- Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов, Госгеолыздат, 1952.
- Лутовинов В. И. Подсчет запасов методом изолиний. Геология на фронте индустриализации, № 8, 1936.
- Маков К. И. О методике подсчета запасов подземных вод артезианского бассейна. Разведка недр, 23, 1936.
- Маков К. И. К методике подсчета запасов подземных вод крупных гидрогеологических районов. Разведка недр, 8, 1937.
- Маков К. И. О запасах подземных вод Северо-Украинской мульды. Инженерная геология и гидрогеология. Сборник I, ГОНТИ, 1939.
- Максимович Г. К. О методике подсчета запасов нефти. Нефт. хоз., V, № 5, 1947.
- Максимович Г. К. Свойства нефтяных пластов. Гостоптехиздат, 1949.

- Малишевский П. Г. Новый способ определения мощности подземных потоков. Труды I Всесоюзного (XIII) водопродного и санитарно-технического съезда в г. Баку в 1925 г., вып. 4, т. 2, 1928.
- Малматин Г. И. Анализ точности подсчета запасов категории  $A_2$  железорудного месторождения горы Благодать. Сборник. Научные работы кафедры разведочного дела САИИ, Ташкент, 1941.
- Марков П. Н. К вопросу о классификации запасов полезных ископаемых. Поверхность и недра, № 1, 1928.
- Марков П. Н. Методика квалификации запасов и оценки месторождений в практике ЦКЗ. Разведка недр, 1, 1938.
- Материалы по определению брака в геологоразведочном деле. ОНТИ, 1936.
- Меренков Б. Я., Муратов М. В. Курс нерудных месторождений Госгеол-издат, 1942.
- Методическое руководство по изучению режима подземных вод. Госгеолтехиздат, 1954.
- Методы исследования керна. Госостехиздат, 1948.
- Мильнер Е. С., Пузырев Ю. С. К вопросу о характеристике эксплуатационной группы запасов на открытых угольных разработках. Труды Всес. научн.-иссл. маркшейдер. ин-та, сб. XVI, 1948.
- Мирчик М. Ф. Нефтепромысловая геология. Госостехиздат, 1946.
- Мирчик М. Ф., Максимова М. И. Нефтепромысловая геология. Госостехиздат, 1952.
- Мо-Чжу-сунь. Значение геологических условий для определения и классификации запасов месторождений вольфрамовых жил. Длчи Джунго, № 3, 1955.
- Мускат В. И. Санитарная охрана источников водоснабжения. ОНТИ, 1937.
- Мухин Ю. В. Об оценке ресурсов подземных вод в изверженных породах. Разведка недр, 5, 1949.
- Напольский М. С. Методы подсчета запасов нефти с помощью уравнений материальных балансов углеводородов при упругом режиме и режиме растворенного газа (газовая шапка отсутствует). Нефт. хоз., 8, 1949.
- Напольский М. С. Метод подсчета запасов нефти с помощью уравнений материальных балансов углеводородов при режиме растворенного газа и водонапорном режиме. Нефт. хоз., 4, 1950.
- Нелюбов Л. П., Щеголев Д. И. Методические указания по гидрогеологическим работам при разведке металлических руд и требования к отчетам при утверждении запасов ВКЗ. Госгеолиздат, 1944.
- Никифоров Б. И. Интегральные кривые в применении к определению границ промышленного участка россыпи. Золотая промышленность, 7—8, 1938.
- Николаев Н. Л. Степень изменчивости месторождений полезных ископаемых и влияние ее на густоту разведочной сети. Разведка недр, № 1, 1935.
- Новиков П. И. Диагональные выработки в подсчете запасов месторождений полезных ископаемых. Труды Туркменского геол. упр., т. I, 1946.
- Новиков П. И. Некоторые итоги и уроки разведки, подсчета запасов и оценки барито-интеритовых месторождений Копет-Дага. ВКЗ, Материалы по методам разведки и подсчету запасов, под руководством В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолиздат, 1948.
- Овчинников А. М. Минеральные воды. Госгеолиздат, 1947.
- Овчинников А. М. Общая гидрогеология. Госгеолиздат, 1955.
- Оглоблин Д. Н. Подсчет запасов металла в россыпи по методу изолиний проф. П. К. Соболевского. Цветные металлы, № 7, 1931.
- Оглоблин Д. Н. Определение границ промышленного участка разведанной россыпи. Горный журнал, № 3, 1932.
- Озеров И. М. Допустимый процент контрольных химических анализов руд. Разведка недр, № 2, 1941.
- Оркин К. Г., Кучинский П. К. Физика нефтяного пласта. Госостехиздат, 1955.
- Орлова Е. В. Статистический метод выделения участка для подсчетов запасов. Труды Научно-исслед. ин-та по удобрениям и инсектофунгицидам, Агрономические руды СССР, т. V, 1939.
- Островский М. И., Мартынова Т. А. Опыт изучения магнитных свойств горных пород Курской магнитной аномалии. Изв. АН СССР, сер. геог. № 3, 1956.
- Оценка месторождений при поисках и разведках: вып. I—слода (1948); вып. 2—олово (1949); вып. 3—формовочные пески (1949); вып. 9—известняки (1951); вып. 13—огнеупорные глины (1952). ВНИМС, Госгеолиздат.
- Павленко Д. М. Методика определения бортового содержания золота в рудных и россыпных месторождениях. Золотая промышленность, № 4, 1940.
- Павловский Н. П. Неравномерное движение грунтовых вод. Кубуч, 1932.
- Пальвелел В. Т. Определение истинного удельного веса ископаемых углей. Изв. АН СССР, отд. техн. наук, № 4, 1939.
- Панкуль Л. И., Золотарев А. С. Новые формулы средних содержаний, площадей и объемов для подсчета запасов полезных ископаемых. Горный журнал, № 1, 1935.

Паршия Н. К. К вопросу о единой классификации запасов полезных ископаемых. Горный журнал, № 10, 1927.

Пашенков Я. М., Карамбиров И. П., Грибанов И. П. Сельскохозяйственное водоснабжение и буровое дело. Сельхозиздат, 1951.

Петров Н. П. Способы определения удельного веса пород и руд. Геол. издат, 1931.

Плотников Н. А. Метод определения по уровню воды причин уменьшения производительности буровых на воду скважин в напорном водоносном пласте. Труды I гидрогеологического съезда в Ленинграде. Сб. 6, Гос. научно-технич. горно-геолого-нефт. изд., 1933.

Плотников Н. А. Методика изысканий на подземные воды. Сб. трудов водопроводного сектора ВНИТО водосн. и сантехники. Госстройиздат, 1934.

Плотников Н. А. Расчет ресурсов подземных вод по методу депрессионных воронок. Водоснабжение и санитарная техника, № 3, 1936.

Плотников Н. А. Расчет расхода напорного подземного потока по методу пьезометрии. Разведка недр, № 4, 1937.

Плотников Н. А. О применении метода пьезометрии на практике. Разведка недр, № 15, 1937.

Плотников Н. А. «Захват подземных вод» в книге «Водоснабжение на железнодорожном транспорте» под ред. С. Х. Азербера, т. I, ГТЖИ, 1940.

Плотников Н. А. Методика подсчета ресурсов подземных вод для целей водоснабжения. Известия Всес. геол. фонда, вып. I, Госгеолиздат, 1946.

Плотников Н. А. Об изменении состава подземных вод при эксплуатации их для водоснабжения. Гигиена и санитария, № 4, Медгиз, 1946.

Плотников Н. А. при участии Богомолова Г. В. и Каменского Г. Н. Классификация ресурсов подземных вод для целей водоснабжения и методика их подсчета, 1946.

Плотников Н. А. Принципы оценки ресурсов подземных вод для целей водоснабжения. Сов. геол., № 1, Госгеолиздат, 1947.

Плотников Н. А. Классификация ресурсов подземных вод для целей водоснабжения. Сов. геол., 19, 1947.

Плотников Н. А. Об оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод. Труды Московского геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе, т. XXVI. Госгеолиздат, 1954.

Плотников Н. А. Новый метод определения коэффициентов водоотдачи водоносных пород способом откачек. Гидротехника и мелиорация, № 2, 1955.

Плотников Н. А. Оценка запасов подземных вод. Госгеолтехиздат, 1959.

Плотников Н. А. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по методу каскадов водозаборов. Разведка недр, 5, 1955.

Плотников Н. А. О теоретическом определении давления в сжимаемой капельной жидкости. Вопросы изучения подземных вод и инженерно-геологических процессов. АН СССР. Изд. АН СССР, 1955 г.

Подъяконов С. А. Промышленная площадь россыпи и методы ее подсчета. Горный журнал, № 5, 1927.

Подъяконов С. А. Методы подсчета пластовых и россыпных месторождений. Горный журнал, № 10, 1928.

I. Подсчет запасов твердых полезных ископаемых.

II. Инструкция к классификации запасов твердых полезных ископаемых Геологическое издательство ГГРУ, 1931.

Пожарицкий К. Л. Об определении плотности руд. Геол. издат, 1931.

Пожарицкий К. Л. Опробование месторождений цветных металлов и золота. Metallurgizdat, 1947.

Пожарицкий К. Л. Основные положения при определении минимума промышленного содержания металлов в руде. Горный журнал, № 9, 1947.

Пожарицкий К. Л. Расчет минимального промышленного содержания в комплексных многокомпонентных рудах. Вопросы горного дела. Сборник статей, 1948.

Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. Гос. изд. технико-теор. лит., 1952.

Померанцев В. В. Промышленные условия для подсчета запасов месторождений цветных металлов, НТО, Цвет. мет., 1957.

Полов В. Н. Организация и производство наблюдений за режимом подземных вод. Госгеолтехиздат, 1955.

Приц Е. Гидрогеология. Сельхозгиз, Русский перевод, 1938.

Прокопьев Е. П. Метод точного определения границы промышленного участка россыпи по данным разведки. Горный журнал, № 6—8, 1924.

Прокопьев Е. П. Сравнительная оценка разных методов подсчета запасов золота в россыпных месторождениях. Горный журнал, № 10, 1925.

Прокопьев Е. П. Подсчет запасов золота в россыпных месторождениях. Цветные металлы, № 12, 1931.

Прокопьев А. П. Разведка и подсчет запасов некоторых месторождений металлов и ошибки, вскрытые при утверждении запасов. ВКЗ, Материалы по методам

- разведки и подсчету запасов, под редакцией В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолиздат, 1948.
- Прокофьев А. П. Подсчет запасов металла по методу блоков в рудных зонах с гнездовым типом оруденения. Разведка недр, № 2, 1949.
- Прокофьев А. П. Определение минимального промышленного (бортового) содержания полезного компонента в пробах при подсчете запасов. Разведка недр, № 2, 1950.
- Прокофьев А. П. Подсчет запасов в блоках, ограниченных непараллельными сечениями. Разведка недр, 4, 1951.
- Прокофьев А. П. Применение основных методов подсчета для определения запасов рудных месторождений. Разведка недр, 2, 1952.
- Прокофьев А. П. Влияние распределения полезных компонентов в рудных телах и выклинивания на оконтуривание при подсчете запасов. Разведка недр, № 1, 1953.
- Прокофьев А. П. О классификации запасов твердых полезных ископаемых. Разведка недр, № 2, 1953.
- Прокофьев А. П. Практические методы подсчета запасов рудных месторождений. Госгеолиздат, 1953.
- Прокофьев А. П. О некоторых недостатках подсчета запасов рудных месторождений. Разведка и охрана недр, № 3, 1954.
- Прокофьев А. П. Оконтуривание рудных тел при подсчете запасов. Госгеолтехиздат, 1955.
- Прокофьев А. П. Приемы обработки контрольных химических анализов. Разведка и охрана недр, 3, 1955.
- Прокофьев А. П. Плотность разведочной сети для месторождений цветных и редких металлов. Сб. мат. по геол. цвет., ред. и благ. мет., вып. 1, ОГН Нигризолото, 1957.
- Прокофьев А. П. Подсчет запасов россыпей для дражной отработки. Сб. мат. по геол. цвет., ред. и благ. мет., вып. 1, ОГН Нигризолото, 1957.
- Протодьяконов М. Исчисление запасов месторождений за пределами обойденного контура. Вестник Геолкома, IV, № 2, 1929.
- Прохоров С. П. Методические указания при гидрогеологических работах при разведке угольных и сланцевых месторождений и требования к отчетам при утверждении запасов в ВКЗ. Госгеолиздат, 1945.
- Прохоров С. П. Требования к гидрогеологической изученности месторождений полезных ископаемых. Госгеолиздат, 1951.
- Разумовский Н. К. Механический состав россыпного золота и новые данные по методике подсчета запасов россыпей. Золотая промышленность, № 12, 1939.
- Рачковский С. Я. Вопросы определения минимального промышленного содержания золота в руде. Золотая промышленность, № 1, 1940.
- Рачковский С. Я. Определение минимального промышленного содержания металлов в рудах цветных металлов. Цветные металлы, № 5, 1948.
- Рачковский С. Я. К вопросу об оценке месторождений золота. Юбилейный сборник научных трудов МИЦМЗ, Металлургиздат, 1940.
- Рейборн К., Мильнер Г. Поиски и разведка аллювиальных месторождений. Горн. геол. нефт. издат., 1933.
- Романовский В. И. Приложение математической статистики в опытном деле. Гостоптехиздат, 1947.
- Руководство по методам разведки и подсчету запасов золоторудных месторождений, Нигризолото, 1956.
- Русинов Л. В., Орлова Е. В. Новый метод определения степени разведанности. Разведка недр № 4, 1935.
- Рыжов П. А. Математическое определение «геологической ошибки» при подсчете запасов полезных ископаемых. Труды Казахского горнометаллургич. ин-та, № 1, 1938.
- Рыжов П. А. Математическая оценка точности подсчета запасов методами среднеарифметического, многоугольников и треугольников. Цветные металлы, № 5—6, 1940.
- Рыжов П. А. Геометрия недр. Углетехиздат, 1952.
- Рыцк Е. А. Определение высокой пробы при подсчетах запасов рудных месторождений. Труды золоторазведки и Нигризолото, II, 1935.
- Рыцк Е. П. Определение высокой пробы при подсчетах запасов рудных месторождений. Сборник трудов Всес. треста Золоторазведка, вып. 2, 1936.
- Саваренский Ф. П. Гидрогеология. Гос. горн. геол. нефт. издат., 1934.
- Саркисьян Б. М. О методике определения эффективности водного воздействия на залежь. Аз. нефт. хоз. II, 1955.
- Сборник методических инструкций для гидрогеологических работ при глубоком роторном бурении. Госгеолиздат, 1941.
- Селинов В. Г. Методы вариационной статистики в приложении к разведке и подсчету запасов месторождений полезных ископаемых. Труды ЦНИГРИ, вып. 115, 1939.

- Селинов А. С., Владимиров О. К. Кяротаж рудных скважин методом скользящих контактов. Госгеолиздат, 1947.
- Семсенов А. С., Владимиров О. К., Новожилова М. Е. Метод электродных потенциалов. Картотека Геотехсо, № 8—16, 1951.
- Семихатов А. Н. Гидрогеология, Сельхозиздат, 1954.
- Сергеев О. П. Опыт применения метода гидростатического взвешивания для приблизительной оценки содержания железа в карбонатных рудах бакальского типа. Разведка недр, № 6, 1949.
- Сергеев О. П. Графическое выражение качественной характеристики запасов руды железорудных месторождений. Разведка недр, № 3, 1951.
- Силин-Бекчурин А. И. О влиянии кинематической плотности, приведенных давлений и проницаемости пород на скорость фильтрации рассолов в нефтеносных горизонтах Волго-Уральской области. Докл. АН СССР, пов. сер., т. VIII, 1947.
- Силин-Бекчурин А. И. Метод приближенного расчета скоростей фильтрации и подземного стока рассолов по пьезометрам. Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф. П. Саваренского, т. II, изд. АН СССР, 1949.
- Силин-Бекчурин А. И. Специальная гидрогеология. Госгеолиздат, 1951.
- Скабаллонович И. А. Гидрогеологические расчеты. Углетехиздат, 1954.
- Скабаллонович И. А., Седеико М. В., Инженерная геология, гидрогеология и осушение месторождений. Углетехиздат, 1955.
- Скаковский Н. К. Разведка месторождений цветных металлов. Цветметиздат, 1933.
- Скиргелло О. Б. К вопросу о методике определения ресурсов карстовых вод. Сов. геол., сб. 25, Госгеолиздат, 1947.
- Скиргелло О. Б. Определение коэффициента закарстованности по данным наблюдений за режимом подземных вод. Разведка недр, 5, Госгеолиздат, 1949.
- Смирнов В. И. Новая терминология по запасам руд, принятая в геологическом комитете и Горном бюро США. Реферат статьи из Eng. and Min. Jour. № 6, 1943, Сборник комитета по делам геологии.
- Смирнов В. И. Аналитический способ определения среднего содержания золота в практике Канадских рудничных геологов. Реферат, Известия главного управления геологических фондов, 3, 1947.
- Смирнов В. И. Применение различных методов в практике подсчета запасов. Вопросы теоретической и прикладной геологии. Сборник научных статей Московского геологоразведочного ин-та, № 3, 1947.
- Смирнов В. И. О возможности широкого использования простых методов подсчета запасов. Разведка недр, № 3, 1948.
- Смирнов В. И. Подсчет запасов минерального сырья. Госгеолиздат, 1950.
- Смирнов В. И. О некоторых вопросах подсчета запасов минерального сырья. Разведка и охрана недр, № 3, 1954.
- Смирнов В. И. О плотности разведочной сети. Сов. геол., сб. 58, 1957.
- Смирнов Л. Н. Гидрогеология Северо-Уральского бокситового бассейна. Горный журнал, 2, 1946.
- Соболевский П. К. Современное маркшейдерское искусство как методология для решения основных задач горного искусства. Труды I, Всесоюз. горн. научн.-техн.-съезда, вып. VII, 1928.
- Соколов. К вопросу о классификации запасов полезных ископаемых. Поверхность и недры, № 5—6, 1927.
- Соловьев В. Г. Новый метод определения удельного веса руд. Разведка недр, 14, 1935.
- Соловьев В. Г. Методика определения физических свойств руд на примере Турланского месторождения. Труды ЦНИГРИ, вып. 92, 1937.
- Соловьев В. Г. К методике определения степени разведанности месторождений полезных ископаемых. Разведка недр, № 3, 1937.
- Соловьев В. Г. Вариационная статистика в приложении к разведке и подсчету запасов полезных ископаемых. Разведка недр, 1, 1938.
- Соловьев В. Г. Методы вариационной статистики в приложении к разведке и подсчету запасов месторождений полезных ископаемых. ГОНТИ, 1939.
- Соловьев В. Г. Об общих принципах методики разведки на примерах некоторых типов оловорудных месторождений. Мат. ВСЕГЕИ, сб. 3, 1946.
- Старик-Блудов В. С. Метод подсчета запасов нефти на основе элементов разработки месторождений по фундам скважиноточек. Нефтяное хоз-во, апрель—май, 4—5, Гостоптехиздат, 1940.
- Старик-Блудов В. С. Документация подсчета запасов нефти. Нефтяная промышленность СССР, № 4, 1941, Гостоптехиздат.
- Степанов И. С. Количественная характеристика степени равномерности распределения. ДАН СССР, т. XXX, № 6, 1941.
- Столяр М. Я. Определение коэффициента рудоносности и его применение. Разведка недр, № 12, 1956.
- Стрижев И. Н. и Ходанович И. Е. Добыча газа. Гостоптехиздат, 1946.
- Сулин В. А. Гидрогеология нефтяных месторождений. Гостоптехиздат, 1948.

- Сухарев Г. М. Основы нефтепромышленной гидрогеологии. Госгостехиздат, 1956.
- Тамм Е. Ф. О методике подсчета запасов артезианских вод. Разведка недр, № 11, 1937.
- Тамм Е. Ф. Расчет дебитов взаимодействующих артезианских скважин. Водоснабжение и санитарная техника, № 9, 1939.
- Татаринов П. М., Малявкин С. Ф., Гейслер А. И. Курс нерудных месторождений. ОНТИ, 1935.
- Татаринов П. М. Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, 1955.
- Таубер С. И. Методика разведки и подсчета запасов месторождений гравия. Московской области. ОНТИ, 1936.
- Ткаченко М. И. Таблицы для подсчета запасов угля по гипсометрическим планам при сечении пласта изогипсами через 50 м, через 100 м. Углетехиздат, 1952.
- Ткачук В. Г. Определение приходной части баланса грунтовых вод с сезонными колебаниями их уровня. Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф. П. Саваренского, т. II, изд. АН СССР, 1949.
- Токарев А. Н., Щербаков А. В. Радиогидрогеология. Госгеолтехиздат, 1956.
- Толстикян Н. И. Подземные воды мерзлой зоны литосферы. Госгеолтехиздат, 1941.
- Толстой М. П. О методике подсчета ресурсов подземных вод артезианского бассейна. Разведка недр, № 8, 1937.
- Толстой М. П. Оценка эксплуатационных ресурсов подземных йодо-бромных вод в районе Нефте-Чала. Изв. Всес. геол. фонда, вып. 1, Госгеолтехиздат, 1926.
- Томилиев В. К. Классификация запасов месторождений полезных ископаемых. Горный журнал, № 1, 1928.
- Требования к материалам по пересчету запасов в золото-платиновой промышленности. Главзолото, ОБТИ, 1939.
- Требования промышленности к качеству минерального сырья, вып. 10 — Известняки (1946); вып. 19 — фосфатное сырье (1946); вып. 22 — Калодные и минеральные соли (1947); вып. 23 — слюда (1947); вып. 47 — сера (1948); вып. 54 — глины (1948); вып. 64 — керамическое сырье (1948). Госгеолтехиздат.
- Трофимук А. А. К вопросу об оценке емкости трещиноватых нефтяных коллекторов. Нефт. хоз., 7, 1955.
- Трофимук А. А. О значении определения коэффициента нефтенасыщения кернов для обоснования коэффициента нефтеотдачи. Нефт. хоз., 10, 1955.
- Троянский С. В. Классификация месторождений полезных ископаемых по условиям обводненности. Сов. геология, сб. 19, 1947.
- Троянский С. В., Белицкий А. С., Чекин А. И. Гидрогеология и осушение месторождений полезных ископаемых, Углетехиздат, 1956.
- Трушечкин Е. А. Упрощенный способ подсчета запасов по методу треугольников. ВКЗ, Материалы по методам разведки и подсчету запасов, под ред. В. И. Смирнова, вып. III, 1948.
- Трушков Н. И. К вопросу о классификации запасов полезных ископаемых. Горный журнал, № 4, 1927.
- Трушков Н. И. Опробование рудных месторождений твердых полезных ископаемых. Геол. разв. изд. 1932.
- Трушков Н. И. Экспертиза рудных месторождений. I. Опробование и подсчет запасов, 1934. II. Перспективы эксплуатации, Горн. нефт. издат., 1935.
- Трушков Ю. Н. Точность разведочных данных и подсчет запасов на россыпях. Отдел техн. информ. Дальстрой, 1955.
- Тыжнов А. В. К методике подсчета запасов пластовых месторождений. Разведка недр, № 1, 1952.
- Указания по гидрогеологическим изысканиям источников для железнодорожного водоснабжения. Литограф. изд. Союзтранстехпроекта, 1948.
- Урианов Ф. Н. Один из случаев определения минимального промышленного содержания металла в руде. Изв. АН Каз. ССР, Горное дело, вып. 3, 1951.
- Ушаков Н. И. и Трифонов В. П. Приложение к классификации запасов на россыпных месторождениях золота и платины. Уральский техник, 4, 1929.
- Федоров В. С. Подсчет запасов и промышленная оценка угольных месторождений. ВКЗ, Материалы по методам разведки и подсчету запасов под редакцией В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолтехиздат, 1948.
- Фейгин Я. М. Графический способ определения объемов блоков между параллельными сечениями. Разведка и охрана недр, № 4, 1956.
- Фигуровский Н. А. Прибор для определения кажущегося удельного веса пористых и трещиноватых тел. Заводская лаборатория № 7, 1938.
- Филин А. М. Аналитическое определение объемных весов руд в зависимости от содержания рудных компонентов. Разведка и охрана недр, № 11, 1956.
- Францкий И. В. Подсчет запасов по детальному разведкам методом взвешенной арифметической середины. Сборник статей по маркш., картограф., геодезии, 1938.

- Хания А. А. О классификации пород — коллекторов нефти и газа, Разведка и охрана недр, № 1, 1956.
- Христианович С. А. Движение грунтовых вод, не следующее закону Дарси. Прикл. матем. и мех., т. IV, вып. 1, 1940.
- Хрущов Н. А. Контроль работы химических лабораторий методом анализа эталонных проб. Разведка и охрана недр, 6, 1954.
- Чарноцкий С. И. Методы подсчета запасов нефтяных месторождений ГОНТИ, 1922.
- Чарный И. А. Подземная гидромеханика. ОГИЗ — Гостехиздат, 1948.
- Чарный И. А. Строгое доказательство формулы Дюпюи для безнапорной фильтрации с промежутками высачивания. Доклад АН СССР, т. XXIX, № 6, 1951.
- Черкасов А. А. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. Сельхозгиз, 1950.
- Шаговец С. А. Терско-Кумский артезианский бассейн. Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф. П. Саваренского, т. II, изд. АН СССР, 1949.
- Шаманский Л. И. Точность подсчета запасов полезных ископаемых. Сб. стат. по марш., картограф. геоземии. 1938.
- Шаныгин П. Н. Руководство ГРУ объединения Востокзолото по подсчетам и учету запасов золотых месторождений. ОГИЗ, 1933.
- Шаныгин П. Н., Левиатов Г. О. К вопросу о методах оценки промышленного значения месторождений золота. Сов. золотопромышленность, № 10, 1935.
- Шарапов И. П. О контрольных анализах геологических проб. Разведка и охрана недр, № 1, 1954.
- Шарапов И. П. К теории подсчета запасов элементов — примесей. Разв. охр. недр, № 1, 1957.
- Шашкин В. Л. Контроль анализов геологических проб по групповым пробам. Разведка и охрана недр, № 4, 1955.
- Шашкин В. Л. Методы радиометрии при поисках и разведке урановых руд в зарубежных странах. Разведка и охрана недр, № 6, 1956.
- Шехтман П. А. Об измерении мощностей. Разведка недр, № 2, 1941.
- Шклярский Ф. Н. Один из способов определения запасов гнездовых месторождений. Горный журнал, № 4—5, 1921.
- Шуб А. М. Опыт разведки и оценки месторождений «отторженцев». ВКЗ, Материалы по методам разведки и подсчету запасов под редакцией В. И. Смирнова, вып. III, Госгеолгиздат, 1948.
- Щелкачев В. Н., Пыхачев Г. Б. Интерференция скважин и теория пластовых водонапорных систем. АзГОНТИ, 1939.
- Щелкачев В. Н. Основы подземной гидравлики. Гостоптехиздат, 1945.
- Щелкачев В. Н. Гидродинамический анализ методов определения расходов подземных потоков. Сов. геол., № 26, 1947.
- Щелкачев В. Н. Упругий режим пластовых водонапорных систем. Гостоптехиздат, 1948.
- Щелкачев В. Н., Лапук Б. Б. Подземная гидравлика. Гостоптехиздат, 1949.
- Щербаков А. В. Оценка эксплуатационных ресурсов подземных йодо-бромных вод острова Челекен. Известия Всесоюзного геологического фонда, вып. I, Госгеолгиздат, 1946.
- Юфа Б. Я. Учет систематических ошибок при подсчете запасов. Разведка недр, № 6, 1951.
- Якубовский Ю. В., Ляхов Г. Л. Курс электроразведки, Госгеолтехиздат, 1956.
- Alluvial valuation (реф. ст. А. М. Nordale «West. Miner», XI, 1946). Mining Mag. I, vol. 76, N 1, P. 49—52. Журн. Новости технической литературы. «Горная промышленность», № 5, 1948.
- Anderson I. W. The prospectors handbook. London, 1935.
- Appraisal of oil properties. The ultimate recovery, lifting costs, physical condition and location ore, the governing factors in evaluating an oil property. Oil Field Engineering, Philadelphia, 1930, vol. 7, N 5.
- Arps I. I. Estimating oil reserves. Journ. of Petrol. Techn., 1954, July, vol. VI, N 7.
- Baty V. Statistical estimation of mineral deposits. Mining Mag., 1948, VII, vol. 79, N 1, P. 9—16, 3 ill. Журн. Новости технической литературы. Горная промышленность, № 5, 1949.
- Baxter C. H. and Parks R. D. Mine examination and valuation. Michigan College of Mines and Techn., 1933.
- Baxter C. H. and Parks R. D. Mine examination and valuation. Second edition, 1939.
- Bernewitz M. W. Handbook for prospectors. N. Y., 1935.
- Bernewitz M. W. Handbook for prospectors and operators of small mines. McGraw—Hill book company, New York and London, 1943.
- Biddison P. M. Estimation of natural gas reserves. Geology of natural gas. Amer. Petrol. Geol., 1935.

- Boussinesq J. Recherches théoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol. J. de Month. pures et appl., ser. 5, t. X, 1904.
- Blandel F., Lasky S. Mineral reserves and mineral resources. *Economic Geology*, 7, 1957.
- Bradley P. R. Estimation of ore reserves and mining methods in Alaska Juneau Mine. T. A. I. M. A. E., vol. 72, 1925.
- Brown R. W. Valuation of oil and gas lands. *Mergaw teill.*, 1924, pp. VIII.
- Burnham M. H. Modern mine valuation. Ch. Griffin, London, 1912, pp. X.
- Calculation of oil in place by volumetric equation. *Oil and Gas Journ.*, Tulsa, 1948, vol. 47, N 28, p. 383.
- Calhoun J. C. Reservoir material balance equation. *Oil and Gas Journ.*, vol. 47, N 4, 5 and 9, 1948.
- Campbelle I. H. Core analysis — practical application to oil and gas reservoirs. *Petrol. Engr.*, 1946, XII, vol. 18, N 3, pp. 100, 102, 104, 5 ill. *Журн. Новости технической литературы. Горная промышленность*, № 4, 1948.
- Caveler H. H. Engineering features of the Schuler Field and unit operation. *Petr. Techn.*, T. P. 1605, vol. 6, N 4, July 1943.
- Colquhoun A. B. Ore reserve calculation et the Baudwin mine. *The Mining Mag.*, London, 1931, vol. XLIV, N 6; vol. XLV, N 1.
- De Wijs. Die Statistische Auswertung ober Probenahme Von Erzlager Stätten. *Erzmetall*, Band VI (1953).
- Die neue sowjetische Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester nutzbarer Bodenschätze. *Zeitschrift für angewandte Geologie*, 1, Band 2, 1956, S. 1—48.
- Doreny L. C. Placer valuation in Alaska. *Eng. and Min. Journ.*, vol. 142, N 12, 1941.
- Fagin K. M. Notes of estimating crude oil reserves. *Petrol. Engin.* Dallas, 1946, vol. 17, N 13.
- Forcheimer P. *Hydraulik*, 1930.
- Graf U. und Henning H. I. Mathematisch-statistische Gendlagen bei der Probenahme und Probewertung von Erzen, Metallen und Rückständen. *Erzmetall*, Band V, 1952.
- Graut W. H. Valuation of placer deposits. *Eng. Min. Journ.*, vol. 113, 1922.
- Harding I. Calculation of ore tonnage and grade from drill-hole samples. *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, New-York, 1922, vol. LXVI.
- Hesemann J. Die Einteilung der Eisenerzvorräte. *Z. f. das deutsche Eisenhüttenwesen*. «Stahl und Eisen», 13, März, 1952, 72 Jahrgang, Heft 6.
- Hesemann J. Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten auf Grund neuer Erfahrungen und Veröffentlichungen. *Bergfreiheit*, 19, 1954, S. Ww—208.
- Hesse A. W. The Principles of coal property valuation. John Wiley Sons, Inc., 1936.
- Höfer V., Heimhalt H. *Grundwasser und Quellen*. Braunschweig, 1920.
- Hoffman W. Rechentafel zur Ermittlung des Kohleninhalts aus Flözmächtigkeit, Abbaufortschritt und Strebhöhe. *Glückauf-Essen*, 1931, Farg. 67, N 8.
- Hoover H. C. Principles of mining valuation, Organisation and Administration, N. Y., 1909.
- Hoover T. I. *Economics of mining*. Stanford. Univ. Press., 1933.
- Hyber U. Hudrol Vorarbeiten Zwecks Wasservers d. Stadt Teschen. *Ost. Wschr. f. d. off. Baudienst*, 1911.
- Imbeaux H. Ed. *Essais d'Hydrologie*. Paris, 1930.
- Instruktion zur Anwendung der Vorratsklassifikation auf Erdöl- und Gaslagerstätten. *Zeitschrift für angewandte Geologie*, Band 2, 1956, Heft 2/3, S. 49—144.
- Jackson C. F. and Knaebel I. B. Sampling and estimation of ore deposits. U.S. Bur. of mines.
- Jahnes H. Die Brauchbarkeit mathenatischer Verfahren bei der Probenahme nach Ausschaltung einseitiger Fehler. *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 24 Jg., Heft 1—2. Jan.—Febr., 1953.
- Jahnes Hanns. Grundsätzliches zur Einteilung von Lagerstätten Vorräten. Ein Vorschlag für ihre Normung. *Glückauf*, 92, 1956, Heft 35/36, 1 September 1956.
- Janković S. Klasifikacija i kategorizacija rezerve orvenih boksita u području Nikšića [(Classification and Grading of reserves of red bauxites (deposits in the Nikšić Area)]. *Rudaistvo i Metalurgija*, Broj 4, 1957, Beograd.
- Jones W. A. Estimate of Min. and Met. Bull., 375, 1943.
- Jones W. A. Ore reserves: their classification and definition. *Bull. of the Institution of Mining and Metallurgy*, Dec. 1954, N 577. Transaction, vol. 64, p. 3, 1954—1955, pp. 85—88.
- Johnston N. Core analysis interpretation. *Oil and Gas Journ.*, Tulsa, Okla, 1941, vol. 40, N 2.
- Joralemon I. B. Sampling and estimating disseminated copper deposits. *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, New-York, 1925, vol. LXXII.

- Katz D. L. Development of Techniques in Reserve Estimation. Journ. of Petr. Techn., Sept. 1953, vol. V, N 9.
- Keil K. Grundzüge der praktischen Durchführung von Erzvorratberechnungen. Met. und Erz., 39, 1942, Heft 4, 5.
- King F. H. Principles and conditions of the movements Ann. Rept., pt. 2, p. 88—91, 1899.
- King F. H. Irrigation and drainage., P. 112, New-York, Macmillan Co., 1899.
- Klassifikation der Vorräte von Erdöhl- und Gaslagerstätten. Zeitschrift für angewandte Geologie, Heft 2/3, Band 2, 1956, Seite 49—144.
- Klein Hans. Die Grundlagen moderner statistischer Auswertverfahren mit Bezug auf die Probenahme. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 24 Jg., Heft 1—2, Jan.—Febr., 1953.
- Krahmann M. Über Zweck und Methode der Lagerstätten-Inventuren. Congresso geologico Internacional XIV Secoln. Madrid, 1926.
- Kruger F. C. Advice for calculation stoping values from assays of narrow veins. Economic Geology, N 5, 1949.
- Lahee F. H. Standardization in compiling and reporting data on oil reserves. Bull. of the Amer. Assoc. of Petrol. Geologists. Tulsa, vol. 28, N 8, 1944.
- Lahee F. H. The terminology of petroleum reserves. Tr. IV Международного нефтяного конгресса. Рим, 1955.
- Lasky S. G. The concept of ore reserves. Min. Metall., N-Y., vol. XXVI, N 466, 1945.
- Lehman K. Kritik und Durchführung von Kohlenberechnungen. Glückauf Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift, 77 Jahrgang, Heft 14, April, 1941.
- Locke A. L. Outlook for new ore reserves. The Pan-American Geologist. Des Moines, vol. LIII, N 4, 1930.
- Louis H. Mineral valuation. Ch. Griffin, London, 1923.
- Maillet Edm. Essais d'Hydrologie souterr. el Huv. Paris, 1905.
- Menzie D. E. How to select the best decline curve. World oil, vol. 137, N 7, December, 1953.
- Miller G. W. The mine examiner and prospektors companion. 8-th ed., Denver, Colo., 1924.
- Pack R. W. The estimation of petroleum reserves. Bull. of the American Inst. of Mining Engineers, N 128, 1917.
- Pirson S. J. Evaluation of material balance equations for calculating original residual oil reservoir in place. Oil Weekly, vol. 113, N 5, 1944.
- Prescott B. Sampling and estimating cordillera lead, silver, limestone replacement deposits. Transactions of the American Inst. of Min. and Metallurg. Eng. vol. LXII, 1925.
- Prinz E. Handb. der Hydrologie. Berlin, 1923.
- Read T. T. Estimating ore by the polygon method. Eng. and Min. Journ. August, 1943.
- Reh H. Untersuchung der Zuverlässigkeit der Bewertung von Lagerstätten nutzbarer Rohstoffe und Ableitung einer erweiterten Klassifikation der Vorräte. Zeitschrift für angewandte Geologie, Band 2, Heft 4, S. 145—192, 1956.
- Reil K. Die Bedingung von Erzvorratsberechnungen. Met. und Erz., Heft 24, 1941.
- Richard J. Die Grundwasser. München, 1911.
- Riempp G. Die Wassererschliessung aus Brunnen mit Horizontalbohrungen. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 4, N 7, S. 249—256, 1954.
- Sale A. I. Drilling and analysis of copper. Eng. a. Min. Journ., vol. 102, N 2, 1916.
- Schilthuis K. J. Reservoir energy and oil production data used in estimating reserves. Oil and Gas Journ., 17/X, 1935.
- Seume D. F. Das Roherzausbringer und seine Reduktion für die Bewertung von Metallerzlagernstätten. Metall und Erz, Heft 3, 1 Februar, 35 Jahrgang, 1938.
- Smeker O., Dr. Ing. Das Grundwasser, seine Erscheinungsformen. Bewegungsgesetze und Mengenbestimmung.
- Smeker O., Dr. Ing. Das Widerstandgesetz bei der Bewegung der Grundwassers, Journ. für Gasbel. und Wass., Heft 32, S. 452, 1915.
- Smirnov W. I. Ustalenie zasobów surowców mineralnych. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 1954.
- Smirnow W. I. Kontrolle und Auswertung von Proben-Analysen. Zeitschrift für angewandte Geologie, 3/4, Band 1, S. 97—192, 1955.
- Stammburger F. Begrenzte und unbegrenzte Extrapolation bei der Lagerstättenumgrenzung. Zeitschrift für angewandte Geologie, 1, Band 1, S. 1—48, 1955.
- Stammburger F. Zur Klassifizierung von Mineralvorräten. Zeitschrift für angewandte Geologie, 1, Band 1, S. 1—48, 1955.
- Stammburger F. Die Auswertung einzelner Proben mit Mammut-Gehalten bei Vorratsberechnungen. Zeitschrift für angewandte Geologie, 2, Band 1, S. 49—56, 1955.
- Stammburger F. Welche Methoden der Vorratsberechnung sind dem Praktiker zu empfehlen? Zeitschrift für angewandte Geologie 3/4, Band 1, S. 97—192, 1955.

- Stammberger F. Vorläufige Bemerkungen zur neuen sowjetischen Vorratsklassifikation fester nutzbarer Bodenschätze. Zeitschrift für angewandte Geologie, 1. Band 2, S. 1—48, 1956.
- Stammberger F. Einführung in die Berechnung von Lagerstättenvorräten fester mineralischer Rohstoffe. Berlin, 1956.
- Stammberger F. Ober Ungenauigkeiten und «erlaubte Fehlergrenzen» bei Vorratsberechnungen. Zeitschrift für angewandte Geologie, 4, Band 2, S. 145—192, 1956.
- Stammberger F. Die Zentrale Vorratskommission für mineralische Rohstoffe der Deutschen Demokratischen Republik. Zeitschrift für angewandte Geologie, 5/6, Band 2, S. 192—288, 1956.
- Stammberger F. Ober einige Unzulänglichkeiten bei der geologischen Erkundung und der Bestimmung der Lagerstättenvorräte in der Sowjet Union. Zeitschrift für angewandte Geologie, Band 2, November-Dezember, Heft 11/12, 1956.
- Stammberger F. Zur neuen deutschen Klassifikation von Lagerstättenvorräten fester mineralischer Rohstoffe. Zeitschrift für angewandte Geologie, Band 2, November-Dezember, Heft 11/12, 1956.
- Stephenson E. A. Valuation of Nat-Gas Properites, Geol. of Nat. Gas, 1935.
- Sliny J. Die Quellen. Wien, 1933.
- Swanson C. O. Probabilities in estimating the grade of Gold Deposits. Canad. Min. and Met. Bull. 397, 1945.
- The valuation of alluvial deposits. The Mining Mag., London, 1928, vol. XXXVIII, N 5, 1928.
- Thien G. Hydrologische Methoden, 1906.
- Tomlinson W. Statistical analysis of the A. P. J. well spacing data. Mines Mag., Oktober, vol. XLI, N 10, p. 144, 1951.
- Truscott S. J. The computation of the probable value of ore reserves from Assay Results. T. I. M. M. E., vol. 39, 1930.
- Truscott S. J. Mine economics (Sampling—Valuation—Organization), London, 1937.
- Woods R. W. and Muskat M. An analysis of material balance calculations. Petr. techn., I. T. R. 1780, pp. 1—16, 1945.
- Wright Ch. W. Estimation of value and tonnages of ore in small lode mine. Eng. and Min. Journ., vol. 135, N 4, 1934.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От главного редактора . . . . .	3
Предисловие В. И. Смирнов . . . . .	5
Введение В. И. Смирнов . . . . .	7

### ЧАСТЬ I

#### ИСХОДНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ К ПОДСЧЕТУ ЗАПАСОВ

Глава I. Определение параметров для подсчета запасов металлических полезных ископаемых . . . . .	19
1. Общие сведения и единицы измерения запасов. В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . .	19
2. Определение мощности тел полезных ископаемых. В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев, А. И. Дюков . . . . .	23
3. Определение объемного веса, влажности и физико-механических свойств минерального сырья. В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев, В. М. Борзунов . . . . .	53
4. Определение содержаний полезных компонентов. В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . .	63
5. Способы измерения площадей тел полезных ископаемых. В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . .	95
Глава II. Определение параметров для подсчета запасов нефти и газа. А. М. Жданов . . . . .	100
А. Для залежей нефти . . . . .	100
1. Объемный метод подсчета запасов . . . . .	100
2. Метод материального баланса . . . . .	107
3. Статистический метод . . . . .	109
Б. Для залежей газа . . . . .	109
1. Объемный метод подсчета запасов . . . . .	109
2. Метод по падению давлений . . . . .	111
Глава III. Определение основных параметров для подсчета запасов подземных вод. Н. А. Плотников . . . . .	113

### ЧАСТЬ II

#### ОКОНТУРИВАНИЕ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

Глава IV. Требования промышленности к минеральному сырью (кондиции). А. П. Прокофьев . . . . .	123
Глава V. Учет гидрогеологических и горнотехнических условий обработки месторождений при оконтуривании. А. П. Прокофьев . . . . .	134
Глава VI. Зависимость оконтуривания тел полезных ископаемых от характера их выклинивания и распределения ценных компонентов. А. П. Прокофьев, А. И. Дюков . . . . .	140

669

Типы границ тел полезных ископаемых (140). Использование геофизических методов при оконтуривании. Выклинивание тел полезных ископаемых (152). Использование геофизических методов при изучении характера выклинивания тел полезных ископаемых (157).

**Глава VII. Оконтуривание тел полезных ископаемых в пределах разведочных выработок.** А. П. Прокофьев, А. И. Дюков . . . . . 166

Общие сведения (166). Определение контуров тел полезных ископаемых в пределах отдельных разведочных выработок (167). Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок (173). Неправильные приемы оконтуривания тел полезных ископаемых (179). Использование геофизических методов при оконтуривании тел полезных ископаемых (183)

**Глава VIII. Оконтуривание тел полезных ископаемых за пределами разведочных выработок.** А. П. Прокофьев, А. И. Дюков . . . . . 185

Геологические приемы (185). Морфологические приемы (188). Статистические приемы (190). Геометрические приемы (191). Геофизические приемы (194).

**Глава IX. Особенности оконтуривания залежей некоторых видов минерального сырья.** В. М. Борзунов . . . . . 200

### ЧАСТЬ III

#### МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

**Глава X. Методы подсчета запасов твердых полезных ископаемых.** В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . . 205

Общая характеристика и применимость методов (205). Метод геологических блоков (206). Метод эксплуатационных блоков (213). Метод разрезов (223). Метод многоугольников (246). Метод треугольников (250). Метод четырехугольников (255). Метод изогипс (255). Метод изолиний (259). Метод статистический (264). Метод графический (264). Метод среднего угла падения (265). Метод средней образующей (266). Метод объемной палетки Соболевского (266). Метод косинусов (266). Метод геоморфологический (267). Комбинированные методы (267). Зависимость равнозначных методов подсчета запасов от систем разведочных работ и группировка месторождений по системам разведки, определяющим выбор метода подсчета (268). Точность подсчета запасов твердых полезных ископаемых и поправочные коэффициенты (272). О погрешностях методов подсчета запасов (281)

**Глава XI. Оперативный учет запасов твердых полезных ископаемых.** В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . . 284

**Глава XII. Методы подсчета запасов нефтяных и газовых месторождений.** А. М. Жданов . . . . . 295

**А. Методы подсчета запасов нефти**

1. Объемный метод (295). 2. Статистический метод (298). 3. Метод материального баланса (315)

**Б. Методы подсчета запасов газа**

1. Объемный метод (319). 2. Метод по падению давления (320). 3. Подсчет запасов газа, растворенного в нефти (321).

**Глава XIII. Методы определения запасов подземных вод.** Н. А. Плотников . . . . . 324

Подсчет вековых запасов подземных вод (324). Подсчет регулировочных запасов подземных вод (324). Расчет расхода подземного потока (325). Расчеты баланса подземных вод (329). Общие сведения по определению величины эксплуатационных запасов подземных вод и источников (332). Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по составу и характеристика зон санитарной охраны (337).

Методы оценки величины эксплуатационных запасов подземных вод (340).  
 Выбор методов для определения эксплуатационных запасов подзем-  
 ных вод в зависимости от гидрогеологических условий (358). Методы  
 оценки эксплуатационных запасов источников (360) . . . . .

Стр.

ЧАСТЬ IV

**КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ И УСЛОВИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ К МЕСТО-  
 РОЖДЕНИЯМ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Глава XIV. Классификация запасов твердых полезных ископаемых.**  
**В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . .**

- |   |     |
|---|-----|
|   | 369 |
| 1. Применение классификации запасов к коренным месторождениям цветных, благородных и редких металлов В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . .   | 377 |
| Требования к изученности месторождений (377). Применение классификации запасов к различным месторождениям (386). Плотность разведочной сети для разных групп месторождений и категорий запасов (397). Условия классификации запасов коренных месторождений цветных, благородных и редких металлов (400). Примеры применения классификации запасов к различным группам месторождений цветных, благородных и редких металлов (402).   |     |
| 2. Применение классификации запасов к месторождениям бокситов. И. А. Любимов . . . . .  | 423 |
| Общие требования к методике разведки месторождений (423). Требования к системе расположения выработок и плотности разведочной сети (426). Требования промышленности к разведанности и изученности качества сырья (431). Классификация запасов и условия отнесения их к категориям (433). Примеры применения классификации запасов к месторождениям бокситов (437).  |     |
| 3. Применение классификации запасов к месторождениям руд черных металлов. И. А. Любимов . . . . .   | 438 |
| Общие требования к геологической изученности и методике разведки месторождений (438). Требования к системе расположения выработок и плотности разведочной сети (443). Требования промышленности к разведанности и изученности качества сырья (448). Классификация запасов и условия отнесения их к категориям (452). Примеры применения классификации запасов твердых полезных ископаемых к месторождениям черных металлов (455).   |     |
| 4. Применение классификации запасов к россыпным месторождениям. В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев . . . . .  | 459 |
| Промышленные требования к методике разведки и качеству песков россыпных месторождений (462). Требования к степени изученности и разведанности россыпных месторождений (462). Примеры классификации запасов россыпей (467).  |     |
| 5. Применение классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев. В. Е. Некипелов . . . . .   | 473 |
| А. Месторождения углей (473). Группировка угольных месторождений по природным факторам (473). Использование углей и требования промышленности к изучению их качества (476). Требования к методике разведки и изучению месторождений (481). Классификация запасов и условия отнесения их к категориям (490). Примеры классификации запасов угольных месторождений (494). Б. Месторождения горючих сланцев (510). Использование горючих сланцев и требования промышленности к изучению их качества (511). Группировка месторождений и требования к методике разведки и изучению горючих сланцев (512). Классификация запасов и условия отнесения их к категориям (515). Примеры классификации запасов горючих сланцев (517) |     |
| 6. Применение классификации запасов к месторождениям нерудных полезных ископаемых В. М. Борзунов . . . . .  | 519 |
| Общая группировка месторождений нерудных полезных ископаемых для целей классификации их запасов (519). 1. Условия классификации запасов полезных ископаемых месторождений осадочного происхождения (522). 2. Классификация запасов месторождений изверженных горных пород (596). 3. Классификация запасов месторождений магматогенного происхождения (611)  |     |

	Стр.
Глава XV. Классификация запасов нефти и газа и условия ее применения. М. А. Жданов . . . . .	621
Общие положения (621). Категории запасов (622). Требования к изучению качества нефти и газа (622). Классификация нефтяных и газовых месторождений (623). Требования к изучению геологии месторождений (625). Условия отнесения запасов к отдельным категориям (628). Примеры классификации запасов нефти и газа (632).	
Глава XVI. Классификация эксплуатационных запасов подземных вод и ее применение. Н. А. Плотников . . . . .	637
Стадии проектирования и требования к гидрогеологической изученности для различных стадий (637). Классификация эксплуатационных запасов подземных вод по категориям разведанности и изученности (638). Применение классификации эксплуатационных запасов подземных вод (640)	

## ЧАСТЬ V

### ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПО ПОДСЧЕТУ ЗАПАСОВ

Глава XVII. Оформление материалов по подсчету запасов. И. А. Любимов . . . . .	643
Содержание материалов подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (644). Содержание материалов подсчета запасов месторождений нефти и газа (649). Содержание материалов подсчета эксплуатационных запасов подземных вод (652). Оформление отчетов (653)	
Литература . . . . .	654



#### Коллектив авторов ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Редактор издательства А. И. Федотова  
Технический редактор О. А. Гурова  
Корректор М. М. Шулименко

---

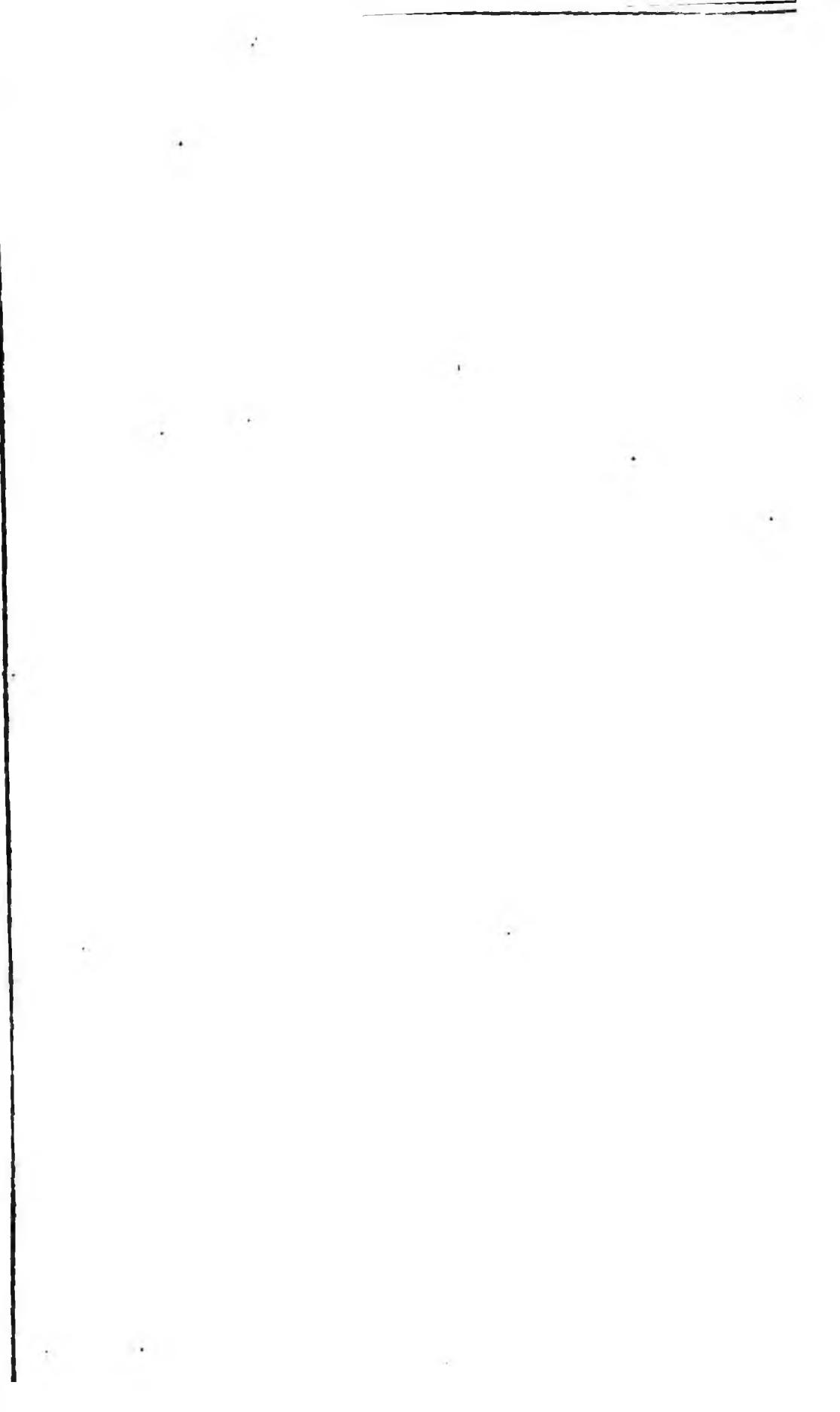
Сдано в набор 16/X 1959 г.                      Подписано к печати 20/V 1960 г.  
Формат бумаги 70 × 108<sup>1/16</sup>      Печ. л. 57,5+2,1 вкл.      Уч.-изд. л. 58,7

T-05458. Тираж 10 000 экз. Цена в переплете № 7 — 31 р. 35 к., в переплете № 6 — 30 р. 35 к. Зак. 1194

Картфабрика ВМФ

---

Опечатано с матриц картфабрики ВМФ в типографии им. Котлякова Госфиниздата СССР.  
Ленинград, Садовая, 21. Заказ 946.



30 р. 35 к.  
с 1-1-61 г. цена 3 р. 04 к.