

**В. И. БИРЮКОВ**  
**С. Н. КУЛИЧКИН**  
**Н. Н. ТРОФИМОВ**

---

**ПОИСКИ  
И РАЗВЕДКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ**

550.8.

В. И. БИРЮКОВ,  
С. Н. КУЛИЧИХИН,  
Н. Н. ТРОФИМОВ

706

ПОИСКИ  
И РАЗВЕДКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ

*«Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР  
в качестве учебника для геологоразведочных техникумов»*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА» • МОСКВА • 1973



Бирюков В. И., Куличихин С. Н., Трофимов Н. Н. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1973, 384с.

Учебник охватывает проблемы поисков и разведок в основном месторождений твердых полезных ископаемых. В отношении поисков и разведки жидких и газообразных полезных ископаемых учебник ограничивается общими сведениями.

В книге использованы работы проф. В. М. Крейтера, акад. В. И. Смирнова, а также другие новейшие пособия по поискам и разведкам месторождений полезных ископаемых.

В отличие от ранее изданных учебных пособий по поискам и разведке для техникумов в предлагаемой книге больше внимания уделено экономике; представлены новые сведения по методике и технике геологоразведочных работ (применение геофизических методов, прикладная геохимия, новые способы определения качества полезного ископаемого и др.), а изложение требований к проведению геологоразведочных работ выполнено с учетом соответствующих положений техники безопасности.

Учебник предназначен для студентов техникумов и содержит все разделы курса «Методика поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

Таблиц 31, иллюстраций 155, список литературы — 25 названий.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий учебник содержит основные разделы курса «Методика поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», предусмотренные соответствующими программами преподавания этого предмета в геологоразведочных техникумах. Прежний учебник, составленный коллективом авторов и изданный под общей редакцией Г. Д. Ажгирея, Б. К. Брешенкова, А. П. Прокофьева и Л. А. Русинова<sup>1</sup>, сыграл большую роль в подготовке специалистов, но в настоящее время он стал библиографической редкостью и, кроме того, нуждается в ряде дополнений, обусловленных научно-техническим прогрессом за последние два десятилетия.

Авторская группа при содействии многих других специалистов разведочного дела приняла на себя труд обобщить обширную литературу (около 600 наименований) по методике поисков и разведки для включения в учебник всего того материала, который отвечал бы учебным программам и современному уровню геологоразведочных работ. Все разделы учебника соавторами составлялись и корректировались совместно. Наибольшая доля в работе над поисковой частью принадлежит Н. Н. Трофимову, над разведочной — С. Н. Куличихину; главы, посвященные опробованию, геолого-экономической оценке, обслуживанию горных предприятий, некоторые части других глав и введение написаны В. И. Бирюковым, которым выполнено и общее редактирование книги.

В подготовке текста и рисунков для I и IV глав значительную помощь в начальный период составления учебника оказал В. М. Роговой.

Предлагаемый учебник, как и прежний, соответствует в основном содержанию и структуре капитального труда В. М. Крейтера, изданного в 1960 (ч. I) и 1961 (ч. II) годах<sup>2</sup>. Авторами использованы также учебные пособия для высшей школы В. И. Смирнова, А. А. Якжина, Е. О. Погребницкого с коллективом преподавателей Ленинградского горного института, Н. И. Буялова с сотрудниками по поискам нефти и газа, А. Б. Каждана по разведке редких и радиоактивных элементов, М. Н. Альбова по опробованию, В. В. Федынского по геофизическим методам и ряд других

<sup>1</sup> Методы поисков и разведки полезных ископаемых. Госгеолтехиздат 1954.

<sup>2</sup> Этот капитальный труд положен в основу учебника того же автора «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых». М., «Недра», 1969.

новейших пособий по методике и технике поисков и разведки рудных и неметаллических полезных ископаемых, месторождений нефти, газа и подземных вод.

В отличие от ранее изданных учебных пособий по поискам и разведке для техникумов в предлагаемой книге больше внимания уделено экономике и даны новые сведения о методике и технике проведения работ (применение геофизических методов, прикладная геохимия, новые способы определения качества полезного ископаемого, фотодокументация и др.); введены элементы техники безопасности.

Некоторые разделы учебника, наиболее важные для практической деятельности лиц среднего технического состава геологической службы, изложены более подробно (способы, приемы и технические средства геологоразведочных работ, геологическая документация, отбор и обработка проб). Другие же вопросы методики поисков и разведки, относящиеся главным образом к компетенции специалистов с высшим образованием, даны в учебнике кратко, без глубокого теоретического анализа (промышленные типы месторождений, изменчивость свойств месторождений, системы разведки, проблемы достоверности результатов разведки и плотности разведочной сети, проблемы промышленной оценки месторождений и эффективности разведочных работ).

В книге приведены сведения, освещающие работу техника-геолога на поисках и разведках месторождений твердых полезных ископаемых; в отношении поисков и разведки жидких и газообразных полезных ископаемых книга ограничивается основными общими представлениями.

Личный производственный опыт и преподавание курса методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, а также собственные исследования в этой области дают основание авторам учебника предполагать, что важнейшие современные проблемы учения о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых нашли отражение в предлагаемой книге. Практические рекомендации и наставления, изложенные в учебнике, могут быть полезны для прямого производственного применения как на полевых, так и при камеральных работах техника-геолога.

Вместе с тем авторы сознают, что данная книга далека от совершенства и не могла исчерпать всего многообразия деятельности геолога-разведчика в различных условиях и возникающих при этом вопросов. Поэтому все замечания и пожелания в отношении улучшения учебника будут приняты авторами с благодарностью.

Отдавая приятный долг признательности всем, чьи труды позволили создать этот учебник, авторы особо отмечают помощь А. П. Прокофьева, Н. А. Хруцова, К. Г. Володченко, И. З. Самонова, И. А. Филипповой, В. А. Петрова, М. Н. Денисова, В. М. Трофимова, С. Я. Кагановича, ознакомившихся с рукописью или ее частями и давших полезные советы. Большую благодарность авторы выражают А. А. Курдюкову, взявшему на себя труд редактирования книги.

Авторы благодарны О. В. Бирюковой за большую помощь в подготовке рукописи и подборе иллюстраций.

## ВВЕДЕНИЕ

Народное хозяйство Советского Союза опирается на сырьевые ресурсы страны и, в частности, на ресурсы минерального сырья, питающего все промышленное производство, энергетику и сельское хозяйство. Строительство городов и сел, путей сообщения и средств передвижения по земле, в воздухе и космосе, создание современной военной техники и оборонительных сооружений возможны только при использовании разнообразнейшего минерального сырья. Из этого следует, что поиски и разведка месторождений полезных ископаемых имеют важнейшее народнохозяйственное значение.

Выявление минеральных ресурсов для расширения действующих горных предприятий и строительства новых требует больших усилий. «С каждым годом при поисках и разведках будет требоваться все большая острота геологической мысли, все большая предприимчивость, усиленное внедрение новой техники, совершенствование методов поисковых и разведочных работ и увеличение их объемов» (В. И. Смирнов, 1957). Поэтому подготовка специалистов геологов по поискам и разведкам месторождений полезных ископаемых, хорошо знающих и любящих свое дело, является одной из первостепенных задач учебных заведений Советского Союза.

Подготовку и практическую производственную деятельность геологов-разведчиков освещает обширный цикл геологических, технических и экономических наук. Результаты этих наук, их важнейшие теоретические положения и выводы синтезируются в учении о поисках и разведках в единую систему, способствующую наиболее рациональному выявлению и оценке месторождений полезных ископаемых.

Учение о поисках и разведках есть прикладная геологическая наука, выясняющая условия нахождения и пути наиболее эффективного выявления и оценки промышленных месторождений полезных ископаемых. Эта наука выросла из горного искусства и впитала в себя важнейшие достижения геологии, минералогии, геофизики, геохимии и других естественных наук. Она опирается на технические науки, с которыми связано создание многообразных технических поисковых и разведочных средств, и экономические науки ввиду решающей роли

экономики в оценке промышленного значения месторождения полезных ископаемых.

Предметом учения о поисках и разведках (объектом исследования) являются промышленные типы месторождений полезных ископаемых. К промышленным месторождениям относятся такие природные скопления полезного ископаемого, которые технически возможно и экономически целесообразно разрабатывать на данном уровне развития производительных сил<sup>1</sup>. В отличие от них непромышленными месторождениями называются минеральные природные образования, которые не могут эффективно эксплуатироваться на данном техническом уровне. Непромышленные месторождения не следует смешивать с резервными, тоже промышленно-ценными месторождениями, но которые нецелесообразно разрабатывать в данное время по причине избытка таких месторождений. Минеральные образования, не имеющие промышленного значения или еще неизученные и не оцененные, называются рудопроявлениями, угленроявлениями, нефтероявлениями и т. п.

Методом учения о поисках и разведках месторождений полезных ископаемых (способом познания предмета) является оценка. Для выяснения условий нахождения промышленного месторождения подвергается оценке его природная геологическая обстановка, определяемая литолого-структурными, минералого-геохимическими и геофизическими особенностями. Для выяснения путей и способов наиболее эффективного выявления промышленных месторождений оцениваются соотношения геологических, технических и экономических данных. На основании геологической прогнозной оценки объекта исследования, оценки возможностей применения некоторых технических средств и оценки экономики геологоразведочных работ осуществляется на практике процесс поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

Конечная цель учения о поисках и разведках заключается в том, чтобы вооружить специалиста знаниями и умением, необходимыми для установления промышленного типа найденного месторождения, выбора рационального способа его изучения и определения его промышленного значения.

Единый процесс поисков и разведки месторождений полезных ископаемых делится на две части: работы, целью которых является отыскание новых месторождений, называются поисками, а работы, нацеленные на выяснение промышленного значения найденного месторождения, называются разведкой.

---

<sup>1</sup> Большинство промышленных месторождений относятся к тому или иному промышленному типу. Вместе с этим небольшие месторождения, дающие суммарно менее 1% мировой добычи определенного вида сырья, не входят в группу промышленных типов.

В современной практике геологоразведочных работ, в исследованиях и подготовке специалистов произошло естественное разделение научной и производственной деятельности в сфере поисков и разведки месторождений полезных ископаемых на два направления: 1) поиски и разведка твердых полезных ископаемых и 2) поиски и разведка жидких и газообразных полезных ископаемых. Благодаря своим природным особенностям и прежде всего вследствие различных физических состояний методы и технические средства поисков и разведок этих видов полезных ископаемых различны; по-разному осуществляется и оценка результатов разведки.

Настоящий учебник предназначен для подготовки специалистов в области поисков и разведки твердых полезных ископаемых, поэтому основное внимание сосредоточено на теории и практике поисков и разведок этой группы месторождений. Жидкие и газообразные полезные ископаемые рассмотрены в объеме, достаточном для самого общего ознакомления с методикой их поисков и разведок, что, кроме того, способствует более полному представлению учащихся о разведочном деле в целом.

В учебнике даются краткие теоретические обоснования принципов, методов и систем геологоразведочных работ и более подробно изложено назначение и сущность производственных приемов и операций.

#### КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОИСКАХ И РАЗВЕДКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Известно, что в глубокой древности люди уже использовали некоторые полезные ископаемые. Археологи находят всюду, где обитали люди, — в пещерах и под руинами древнейших поселений, в египетских пирамидах и в скифских курганах — изделия из камня и металлов, доступных в то время человеку. Вероятно, первыми видами минерального сырья, использовавшимися человеком, были глины и кремни, соли и красители, драгоценные металлы и камни.

С применением бронзы, железа и других металлов пределы горного промысла значительно расширились. Его история вместе с неотъемлемой частью — историей разведочного дела — увлекательна и романтична.

Поиски и разведка полезных ископаемых на Руси и в сопредельных странах Кавказа, Сибири и Средней Азии развивались с незапамятных времен. Об этом свидетельствуют многочисленные древние выработки и предметы материальной культуры далекого прошлого. Скифы, обитавшие в Причерноморье, оставили в низовьях Днепра и Днестра остовы печей и шлаки, относящиеся к VII—VI вв. до н. э. и позволяющие судить о масштабах выплавки железа из руд, довольно значительных по тому времени. Племена, занимавшие северо-восточные и восточные края — курские, новгородские и ладожские земли, — задолго до образования Русского государства добывали и обрабатывали медные и железные руды. О «ковалях» и железных изделиях

упоминается в древнейших памятниках русской письменности: в договорной грамоте князя Игоря (945 г.), в летописи Нестора (1096 г.), в послании Даниила-Заточника, в житии Феодосия Печерского и др. Разнообразие городских и сельских ремесел, где использовались металлы и минералы, широко известно по монументальным сооружениям Киевской, Новгородской, Владимиро-Суздальской и Московской Руси. В середине XVI в. железо, выплавляемое в царстве Московском, даже продавалось за границу, в Англию. Русские воины издавна пользовались металлическими мечами и копьями, шлемами, кольчугами и щитами. Для обработки полей применялись сохи со стальными наконечниками.

Исключительно большое значение на Руси имел соляной промысел. Сохранились документальные данные о добыче соли из подземных рассолов в Старой Руссе от 1363 г. Для разведки и добычи рассолов применялись буровые скважины, которые крепились деревянными трубами диаметром до 20 см. Старинная скважина в Тотьме достигала глубины около 250 м.

Архитектурные памятники русской старины в Новгороде, Пскове, Киеве, Чернигове, Владимире, Ростове, Суздале, Смоленске и во многих других городах сооружены из местных строительных камней. Первоклассные мастера-строители были в то же время и опытными специалистами разведчиками нужного строительного камня — Петр Мигонег (XII в.), Авдей Галицкий (XIII в.), Алекса с Вольни (XIII в.), Алексей Вологжанин (XV в.), Ермолай Новгородский и Барма Псковский (XVI в.), Федор Конь (XVI в.) и др.

Чистейшие немеркнущие минеральные краски, открываемые ныне на древних иконах и кое-где на уцелевших русских и грузинских фресках XI—XII вв., добывались в Причерноморье и Коломне (охры), в Копорье (празелень), Никитовке (киноварь). Находки и добыча слюды для окон, начатые в Карелии с XV в., приобрели известность на европейском рынке, где чистейшие разновидности слюды получили название «мусковита» по имени поставщика — московского купечества.

В 1584 г. в Москве был образован государев Приказ каменных дел, в составе которого в качестве специалистов по поискам и разведкам месторождений полезных ископаемых действовали так называемые «мерщики», «дозорщики», и «рудознатцы». Рудознатцам за открытие месторождений выдавались первооткрывательские грамоты и денежные вознаграждения до 100 рублей. Тогда были открыты меднорудные месторождения в Предуралье и Олонецком крае. Михаил Бибиков открыл на Урале железорудные месторождения горы Высокой, Сухоложские, Алапаевские. В 1675 г. было образовано Уральское золото-серебряное товарищество предпринимателей Галкина, Захарова и Винуса. Землепроходец Василий Пояров в середине XVII в. отыскал серебряные и свинцовые руды в Забайкалье. В 1648 г. Анисим Михалев открыл около Байкала графитовое месторождение. В результате к концу XVII в. в г. Нерчинске сформировался горнопромышленный центр с серебряно-свинцовым метал-

лургическим заводом. Таким образом, в то время в России существовал уже довольно развитый горный промысел, велись поиски полезных ископаемых на больших пространствах страны.

С преобразованиями петровского времени (начало XVIII в.) связано значительное расширение поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. В 1700 г. был учрежден Приказ рудокопных дел, который в 1718 г. был заменен новой высшей государственной организацией Берг-коллегией. Одним из первых указов, подготовленных в новом учреждении, была Берг-привилегия, согласно которой всякий, кто пожелает, может заняться отысканием и разработкой горных богатств как на собственных, так на чужих землях в пределах Российской империи. Тем самым недра земли определялись как исключительная собственность государства, отдаваемая в пользование предпринимателям лишь на арендных началах. В 1721 г. в Кунгуре и Уктусе были открыты школы горных мастеров, которые в 1723 г. были переведены в Екатеринбург (ныне Свердловск) и преобразованы в училище, готовившее специалистов-горняков и разведчиков для Урала, Алтая и Сибири. Для использования зарубежного опыта в горном деле приглашались специалисты из Центральной Европы. Несколько позднее, в 1773 г., в Петербурге открылось Высшее горное училище, преобразованное впоследствии в Горный институт.

В ту пору общего подъема производительных сил страны расширились работы в старых горнопромышленных районах Карелии, Урала и возникли новые районы — Нерчинский и Алтайский. Известно, что разведка месторождений в XVIII в. проводилась уже по некоторым определенным системам. Так, в описании разведки горы Благодать (1738—1739 гг.) указано, что разведываемая площадь покрывалась регулярной сетью канав шириной в аршин и глубиной до руды, а для отбора проб на опытную плавку проходились шурфы до 2 м по руде.

С образованием Российской академии наук (1724—1726 гг.) под руководством академиков П. С. Палласа и И. И. Лепехина в XVIII в. проведены экспедиции для исследований Урала, Сибири, Алтая, Крыма, Кавказа, прикаспийских пустынь. Эти исследования дали обширный материал о богатстве недр. В печатных трудах Академии имеются интересные сведения о новых для того времени месторождениях и видах полезных ископаемых, как, например, И. К. Кириллова (1729 г.) об асбесте, В. Н. Татищева (1739 г.) о нефти, отчет И. Г. Гмелина «Путешествие через Сибирь в 1733—1743 гг.»; в котором отмечены залежи железных руд на Ангаре, соляные рассолы на Лене и по Вилюю, каменные угли по Тунгуске, железорудные месторождения Кондомы и Абакана. В 1734 г. издана всемирно известная Генеральная карта России, составленная И. К. Кирилловым.

Особенно велик вклад М. В. Ломоносова в развитие отечественной науки о полезных ископаемых, их поисках и разведках. Горному делу и геологии посвящены три его монографии: «Слово о рождении металлов от трясения Земли», «Первые основания металлургии и

рудокопных дел», «О слоях земных». В этих работах содержится определенная система геологических представлений, описание типов месторождений полезных ископаемых, способов их поисков и разведок. М. В. Ломоносов впервые в истории науки обратил внимание на соотношения разновозрастных рудных жил, на тектонические нарушения жил и пластов горных пород; он объясняет происхождение россыпей и дает перечень поисковых признаков на коренные месторождения руд; им впервые описаны способы поисков по валунам и гальке в руслах рек.

К концу XVIII в. Россия занимала видное место в мире по добыче полезных ископаемых. В то время действовали 170 металлургических заводов, выплавлявших до 81 тыс. т чугуна в год (1767 г.); годовая выплавка серебра достигла 70,5 т (1760 г.); начата добыча каменного угля в Донецком бассейне (1770 г.) и тогда же был открыт Кузнецкий угольный бассейн в Сибири; нефть впервые была добыта в Ухте на Северном Урале в 1750 г.

В начале XIX в. управление горным делом было сосредоточено во вновь созданном Горном департаменте. С того времени наметился новый подъем горной промышленности и расширились поисковые работы. Снаряжались многочисленные экспедиции — в 1823—1824 гг. было отправлено 19 экспедиций в различные горнопромышленные районы страны. С 1825 г. в Петербурге начал издаваться старейший в нашей стране Горный журнал, сыгравший важную роль в популяризации задач и достижений поисковых и разведочных работ, охвативших в конце XIX — начале XX в. новые территории Кавказа, Сибири, Туркестанского края и центральной Азии. В этот период особенно плодотворны были исследования золотоносных и платиноносных россыпей, полиметаллических месторождений и бакинских нефтяных структур.

Большую роль в распространении геологических знаний и в направлении геологоразведочных работ сыграл Геологический комитет, организованный в 1882 г. Его немногочисленный состав, возросший к 1913 г. от 7 до 64 человек, и ограниченные средства, достигшие в 1913 г. всего лишь 275 тыс. руб., тем не менее дали возможность начать планомерное геологическое изучение огромной территории Российской империи. Руководители Геологического комитета академики А. П. Карпинский и Ф. Н. Чернышов были выдающимися геологами, объединившими славных представителей русской геологии того времени: И. В. Мушкетова, И. А. Соколова, Е. С. Федорова, В. В. Никитина, К. И. Богдановича, Н. К. Высоцкого и др. Большая часть геологической карты Европейской России масштаба 9 верст в дюйме была выполнена к началу первой мировой войны. Детальные геологические карты, важные для ведения поисков и разведок, были составлены по Донецкому бассейну, по Криворожскому и Южно-Уральскому железорудным районам, по нефтеносным районам Кавказа и некоторым золотоносным районам Урала и Сибири. Огромные инженерно-геологические исследования были выполнены на трассе Великого Сибирского железнодорожного пути.

Вместе с повседневной практикой на обширных территориях и в разнообразнейших природных условиях развивалось и учение о поисках и разведках месторождений полезных ископаемых. Проблеме методики и техники геологоразведочных работ впервые была посвящена работа И. Гавеловского (1825 г.) «О разведке гор и о средствах отыскания частных месторождений». В конце XIX — начале XX в. появились обобщающие труды С. Г. Войслава «Разведка пластовых, гнездовых и жильных месторождений полезных ископаемых» (1899 г.), В. С. Реутовского «Поиски и разведки на золото» (1899 г.), И. А. Корзухина «Горно-разведочное дело» (1908 г.) и публикации по отдельным вопросам разведочного дела Н. Псарева, А. П. Кузнецова (1908 г.), С. С. Доборжинского (1908, 1911 гг.), А. К. Болдырева (1914 г.), Г. О. Чететта (1917 г.) и др. В 1903 г. состоялся Первый Всероссийский съезд деятелей по прикладной геологии и разведочному делу.

**Поиски и разведка полезных ископаемых в Советском Союзе.** Советские геологи продолжают многовековую работу пытливых разведчиков недр — «рудознатцев», «мерциков» и «дозорщиков» далекого прошлого и высокообразованных геологов конца XIX — начала XX в. Исключительно благоприятные условия для развития отечественной горной промышленности после Великой Октябрьской социалистической революции способствовали небывалому размаху геологоразведочных работ в нашей стране. Советская власть, отменив частную собственность на землю и недра и национализировав предприятия горной промышленности, полностью устранила социальную ограниченность в подходе к изучению и освоению недр. С образованием СССР видное место заняли как опытные геологи старшего поколения, так и множество молодых людей, стремящихся к знаниям. Прежний Геологический комитет вошел в качестве составной части во Всесоюзный Совет Народного Хозяйства (ВСНХ), а затем вновь образовался руководящий орган геологической службы страны в виде Комитета по делам геологии при Совете Народных Комиссаров СССР. Одновременно была расширена подготовка кадров с высшим и средним образованием для геологических организаций; в несколько раз возрос выпуск молодых специалистов по поискам и разведкам месторождений полезных ископаемых по сравнению с дореволюционным временем.

В первый период восстановления и развития народного хозяйства Советского Союза (до второй мировой войны) трудами геологов-разведчиков была создана новая минерально-сырьевая база бурно развивающейся промышленности. Наряду с глубоким изучением старых горно-рудных районов развернулись поиски и разведки в новых районах — в Заполярье, Средней Азии, Казахстане, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Были открыты новые месторождения железных, марганцевых, медных, свинцово-цинковых руд, россыши драгоценных металлов, угольные и нефтяные месторождения, строительные материалы. Наряду с этими уже хорошо знакомыми полезными ископаемыми в 30-е годы были выявлены и частично

подготовлены для промышленного использования прежде неизвестные полезные ископаемые: апатиты и калийные соли, руды алюминия и магнезия, никеля и кобальта, молибдена и вольфрама, хрома, сурьмы, редких элементов. Новыми горнопромышленными районами стали: нефтеносный Волго-Уральский район, Кузнецкий, Карагандинский и Печорский угольные бассейны, золотоносный Алдано-Кольмский район, оловянные Забайкальский и Дальневосточный районы.

К началу второй мировой войны геологическая служба СССР обеспечивала все отрасли горнодобывающей промышленности значительными запасами полезных ископаемых. Некоторые руды (марганцевые, железные) и полупродукты переработки руд (кеки, концентраты, хвосты) экспортировались за границу.

Во время Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. геологическая служба сосредоточила свои усилия на выявлении месторождений стратегически важных полезных ископаемых, таких, как руды железа в восточных районах, руды свинца, вольфрама, никеля, кобальта. В победоносном оружии Советской Армии, в легендарных «катюшах», в бронепойных снарядах, в особо прочных жаростойких сплавах и в легкокрылых грозных воздушных армадах есть вклад геологов-разведчиков, отыскавших нужные металлы в сокровищах нашей земли.

В период от Октябрьской революции до завершения Великой Отечественной войны всю тяжесть разведки недр СССР приняли на себя представители старейшего поколения геологов, связавших свою судьбу с революционной Россией, и первое поколение специалистов, воспитанных уже советской школой в 20-х и 30-х годах. Незабываемы имена выдающихся старейших геологов и горных инженеров: А. П. Карпинского, В. А. Обручева, Б. И. Бокия, И. С. Васильева, В. И. Вернадского, А. Д. Архангельского, А. Н. Заварицкого, И. И. Губкина, Н. Г. Кассина, Н. И. Трушкова. Среди более молодых разведчиков недр прославились: А. Г. Бетехтин, А. К. Болдырев, И. О. Брод, И. И. Горский, В. М. Крейтер, С. В. Кумпан, М. П. Русаков, С. С. Смирнов, П. М. Татаринев, А. Е. Ферсман, Д. И. Щербаков. Начали свою плодотворную деятельность в предвоенное время и приобрели широкую известность многие геологические разведчики, из которых видное положение в геологической службе, в Академии наук и Высшей школе заняли: Н. В. Барышев, А. П. Виноградов, Ю. А. Билибин, Н. И. Буялов, Ф. И. Вольфсон, Д. А. Зенков, Д. С. Коржинский, Б. М. Косов, В. Н. Котляр, А. В. Пейве, Е. О. Погребницкий, Л. В. Пустовалов, А. А. Сауков, К. И. Сатпаев, А. В. Сидоренко, В. И. Смирнов, Н. М. Страхов, Н. А. Хрущев и многие другие.

Вскоре после Великой Отечественной войны (в 1947 г.) было образовано Министерство геологии СССР (министр И. И. Малышев) с многочисленными подчиненными организациями, обслуживающими территории союзных республик, краев и областей. Ввиду широкого развития геологоразведочных работ в Советском Союзе и все возрастающей помощи технически менее развитым странам геологичес-

кая служба СССР стала огромной разветвленной системой. Наряду с централизованной системой государственной геологической службы непрерывно развиваются, принимая различные формы, отраслевые геологические организации в министерствах, занятых разработками месторождений нефти, угля, черных, цветных, редких и драгоценных металлов, неметаллических полезных ископаемых.

Научная, рационализаторская и изобретательская деятельность геологов, геофизиков, механиков, радиотехников, электротехников, химиков и др. позволяет непрерывно совершенствовать методику и технические средства поисковых и разведочных работ. Коренным образом изменилось оснащение геологоразведочных организаций. Кроме обычных спутников геолога — горного компаса, лупы и геологического молотка — применяются спектрографы, полярографические и рентгеновские установки, люминесцентные приборы, радиометры, магнитометры, гравиметры, потенциометры, электронные микроскопы и многие другие высокоточные и весьма сложные приборы и агрегаты. Современные буровые установки позволяют в 2—3 раза быстрее, чем прежде, выполнять проходку скважин и достигать глубин в несколько километров. При проведении горных разведочных работ применяются машины и агрегаты, значительно повышающие производительность труда и темпы проходок. Вместо гужевого транспорта, примитивных лодок или плотов используются автомобили, моторные лодки и катера, самолеты и вертолеты. В связи с новыми техническими средствами вошли в практику и новые методы поисковых и разведочных работ: аэросъемки, геофизические и геохимические поиски, методы определения качества полезного ископаемого без отбора проб и др.

Проведение геологоразведочных работ на всей территории Советского Союза потребовало больших материальных затрат. В целях поисков и разведки ежегодно бурится более 20 млн. пог. м скважин, проходится более 1 млн. пог. м разведочных шурфов и около 500 тыс. пог. м подземных разведочных выработок (штолен, штореков). На геологоразведочные работы расходуются миллиарды рублей в год. Все эти затраты общественного труда и средств позволяют лучше познать геологическое строение земной коры и полнее раскрыть богатства недр нашей страны.

За четверть века после Великой Отечественной войны появились новые горнопромышленные районы в Казахстане, Западной Сибири, Красноярском крае, Якутии, на Чукотке и Камчатке. Золото и алмазы, уголь и железо, медь и свинец, никель и кобальт, множество месторождений олова, молибдена, редких металлов удалось обнаружить в таежных дебрях и среди скалистых горных громад. Вскрыты огромные залежи нефти и газа в пределах Западно-Сибирской низменности и в Средней Азии. Выявлены новые источники минеральных вод, дающие начало новым здравницам для трудящихся. В старых горнорудных районах найдены новые месторождения — нефти в Беллоруссии и Поволжье, железных руд Курской магнитной аномалии, медноколчеданные месторождения на Южном Урале.

Успехи поисков и разведок месторождений полезных ископаемых выражены с научным обобщением многовекового опыта. Эти обобщения вытекают в развитии учения о поисках и разведках и всего цикла геологических наук.

### ПОНЯТИЕ О ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Природное многообразие полезных ископаемых и различные направления их использования представляют весьма сложную картину. В связи с этим классификация промышленных типов месторождений полезных ископаемых и соответствующая характеристика составляет обширный предмет, еще не вполне разработанный в научно-теоретическом отношении. Тем не менее представления об определенных промышленных типах месторождений вошли в практику геологоразведочных работ довольно прочно. Промышленные типы месторождений служат основой сравнительного анализа разведочных данных, позволяя сопоставлять и оценивать объекты разведки по аналогии с им подобными, принадлежащими к тому же промышленному типу. В настоящем учебнике даются лишь общие представления о промышленной группировке и приводятся примеры месторождений полезных ископаемых, характеризующие некоторые важные типы.

Основополагающие представления о промышленных типах месторождений полезных ископаемых изложены в капитальных трудах В. М. Крейтера [12] и В. И. Смирнова [20]. Одновременно промышленная типизация и соответствующая систематизация всевозможных месторождений полезных ископаемых разрабатывалась в практике поисков, разведок и эксплуатации, что находило отражение в различного рода инструкциях и методических пособиях по геологоразведочным работам, подсчетам запасов полезного ископаемого, системам разработки и т. п.

Промышленная классификация месторождений полезных ископаемых основывается, с одной стороны, на их важнейших природных свойствах, а с другой — на возможностях и направлениях использования добываемого минерального сырья. Твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые подразделяются на группы соответственно общности их промышленного назначения. Ниже дается промышленная группировка различных полезных ископаемых по В. М. Крейтеру [12].

1. Минеральное топливо, включающее уголь, нефть и газ.
2. Руды черных металлов, в число которых входят железные, марганцевые, хромовые, титановые и др.
3. Руды цветных металлов, из которых получают алюминий, медь, свинец, цинк, олово, ртуть, сурьму и многие другие металлы.
4. Руды драгоценных (благородных) металлов, в основном золота и платиноидов.
5. Руды радиоактивных элементов, преимущественно урана.
6. Руды, содержащие редкие и рассеянные элементы, литий, бериллий, тантал, ниобий, цирконий, редкие земли.

7. Руды для химической промышленности, среди которых наибольшее значение имеют каменные соли, фосфориты, апатиты, сера, плавиновый шпат.

8. Руды индустриального сырья (техническое сырье) — алмазоносные кимберлиты, асбесты, тальк, графит, оптические минералы и др.

9. Флюсы и огнеупоры для металлургической промышленности, представленные известняками, доломитом, магнезитом, кварцем, глинами.

10. Строительные материалы — бутовый и облицовочные камни, гравий и песок, известняки и глины.

11. Подземные воды<sup>1</sup>, среди которых различаются источники питьевого или технического водоснабжения и минеральные источники.

Внутри этих групп выделяются природные типы месторождений по комплексу признаков. В. М. Крейтер в качестве признаков промышленного типа принял формы, размеры, качество и условия залегания тел полезных ископаемых, поскольку они оказывают решающее влияние на способы разработки и методику разведки месторождений. В. И. Смирнов [20] при промышленной группировке рудных месторождений подчеркивал признаки: генетический класс, определяющий природу месторождения; структуру месторождения, влияющую на его формы; вещественный состав руд, являющийся основой их качества, и состав вмещающих горных пород.

Каждая из названных промышленных групп включает значительное число природных типов месторождений, вследствие чего общая классификация насчитывает сотни типов. С развитием горной и перерабатывающей промышленности претерпевает изменения и промышленная классификация месторождений полезных ископаемых. Некоторые типы месторождений утрачивают свое прежнее значение или оказываются исчерпанными (богатые рудные жилы меди и свинца, драгоценные камни). В то же время вовлекаются в отработку месторождения новых, ранее не добывавшихся полезных ископаемых. Так, с возникновением потребностей в минеральных удобрениях, радиоактивном сырье, редких элементах появились новые промышленные типы месторождений апатита, урана, редкометалльных руд.

Промышленная значимость различных типов месторождений не одинакова и измеряется в основном двумя показателями: 1) долей запасов полезного ископаемого в данном типе относительно мировых запасов этого полезного ископаемого и 2) долей добычи минерального сырья из месторождений, принадлежащих к данному типу, относительно мировой добычи такого минерального сырья. При этом в разных странах значение одного и того же промышленного типа месторождений может быть большим или меньшим ввиду того, что отдельно взятая страна, как правило, не обладает всеми типами

<sup>1</sup> Группа подземных вод дополнена авторами учебника.

месторождений полезных ископаемых. Исключением является Советский Союз, где находятся почти все известные в мире промышленные типы месторождений.

### Твердые полезные ископаемые

**Месторождения угля**, занимающие обычно обширные территории (бассейны), довольно разнообразны по качеству и условиям залегания.

Крупнейшие угольные месторождения представлены многопластовыми угольными свитами или мощными буроголовыми отложениями. Месторождения этих двух промышленных типов заключают многие миллиарды тонн угля и дают более половины добываемого в мире твердого минерального топлива.

**Руды черных металлов** — железа, марганца, хрома, титана — в качестве попутных компонентов содержат ванадий, германий, иногда никель и кобальт и др.

Самые крупные месторождения железных руд принадлежат к трем промышленным типам: 1) пластовые и пластообразные гематит-магнетитовые залежи среди железистых кварцитов (рис. 1); 2) пласты гематит-сидерит-шамозитовых руд среди прибрежно-морских отложений и 3) штокообразные и плитообразные залежи магнетитовых руд со скарнами в толщах осадочно-эффузивных пород. В этих типах находятся около 70% мировых запасов железных руд. Они дают примерно 80% общей мировой добычи этих руд.

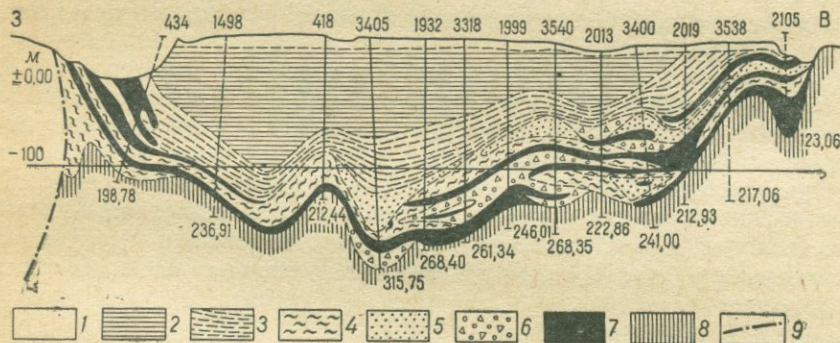


Рис. 1. Геологический разрез Восточно-Ингулецкой синклинали в Криворожье (по Я. Н. Беллевцу)

1 — третичные и четвертичные отложения; 2 — углистые кварц-серицитовые сланцы; 3 — окристые кварц-серицитовые сланцы; 4 — магнетит-силикатные сланцы; 5 — метапесчаники и кварциты; 6 — брекчии и конгломераты; 7 — железорудные залежи; 8 — железистые роговики и дресилиты; 9 — тектонические нарушения. Цифры у скважины: вверху — № скважины, внизу — глубина скважины

Крупнейшие месторождения окисных марганцевых руд находятся в Советском Союзе. Они представляют собой протяженные рудные пласты среди прибрежно-морских отложений. Половина мировой добычи марганца поступает из месторождений этого типа.

Наиболее значительные промышленные месторождения титановых руд принадлежат к типу древних россыпей и титаномагнетитовым залежам в ультраосновных массивах.

Руды цветных и драгоценных металлов принадлежат ко многим разнообразным, преимущественно комплексным месторождениям, содержащим два-три и более полезных металлов.

706  
Наибольшим типом месторождений медных руд являются медистые песчаники. Комплексные месторождения медистых сланцев кроме меди содержат серебро, молибден и ряд других рассеянных металлов. Обильны и богаты никелем, медью, кобальтом, платиноидами сульфидные залежи в ультраосновных породах, образующие тип так называемых медно-никелевых месторождений. Широко распространен тип колчеданных полиметаллических залежей в метаморфических и эффузивно-осадочных толщах, содержащих свинец, цинк, медь, золото, серебро, индий, кадмий, галлий, германий и др. (рис. 2). Тип штокверковых месторождений меди с молибденом, золотом, рением характерен огромными рудными телами, хотя и небогатыми по содержанию полезных компонентов (рис. 3). Перечисленные типы месторождений дают большую часть добываемых в мире меди, никеля, свинца, цинка, молибдена и включают в себе основную массу этих металлов. Так же значительна попутная добыча из названных месторождений золота, серебра и некоторых рассеянных элементов.

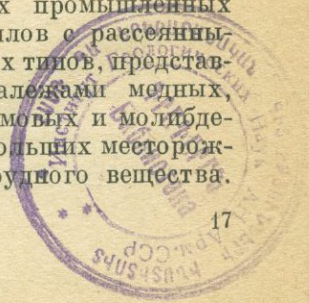
Залегающие среди метаморфических толщ огромные свиты конгломератов, распространенные на обширных территориях Африки, несут золотое оруденение, иногда с ураном. Этот наиболее продуктивный тип золоторудных месторождений вместе с другим типом золотоносных кварцевых жил составляет главные ресурсы рудного золота в мире. Два названных типа дают более половины мировой добычи золота. В СССР большую роль играет третий промышленный тип — золотоносные россыпи.

Ведущим промышленным типом месторождений олова являются оловоносные россыпи, заключающие 60% мировых запасов оловяного камня. Большое значение имеют также оловянно-полиметаллические жилы в эффузивно-осадочных метаморфизованных толщах (рис. 4).

Наиболее значительными месторождениями киновари являются линзообразные и неправильные залежи вкрапленных руд среди песчаников и сланцев.

Основным источником алюминия являются крупные пластообразные залежи бокситов среди пестроцветных пород коры выветривания и пласты моногидратных руд, залегающие на рифогенных известняках.

Кроме перечисленных наиболее значительных промышленных типов месторождения цветных и драгоценных металлов с рассеянными в них редкими элементами образуют много других типов, представляющих разнообразными рудными жилами и залежами медных, никелевых, свинцово-цинковых, золотых, вольфрамовых и молибденовых руд. Большинство из этих сравнительно небольших месторождений ценно своими высокими концентрациями рудного вещества.



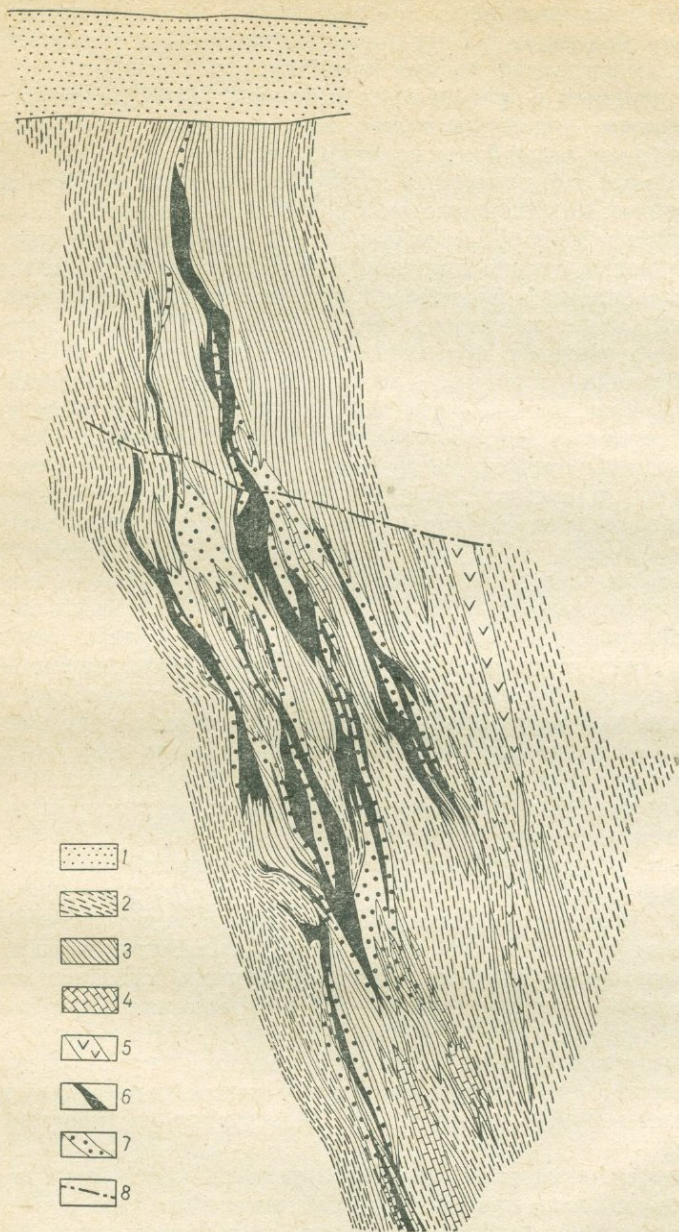


Рис. 2. Геологический разрез Берзовского полиметаллического месторождения (по материалам Берзовского рудника)

1 — современные отложения; 2 — углисто-глинистые и хлоритовые сланцы; 3 — серицит-хлоритовые сланцы; 4 — известняки; 5 — рассланцованные диабазы и порфириды; 6 — массивные сульфидные руды; 7 — окрашенные сульфидные руды; 8 — тектонические нарушения

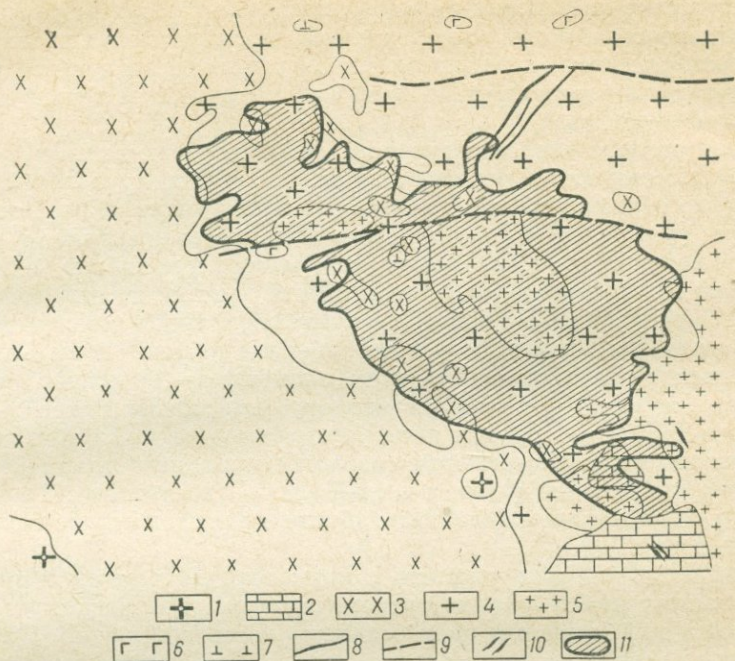


Рис. 3. Схематическая геологическая карта меднорудного штокерка Кальмакыр (по З. А. Васильевой)

1 — кварцевые порфиры; 2 — известняки; 3 — сиенит-диориты; 4 — сиениты; 5 — гранодиорит-порфиры; 6 — габбро; 7 — диоритовые порфиры; 8 — разломы дорудные; 9 — альпийские сбросы; 10 — кварцевые жилы; 11 — рудное тело

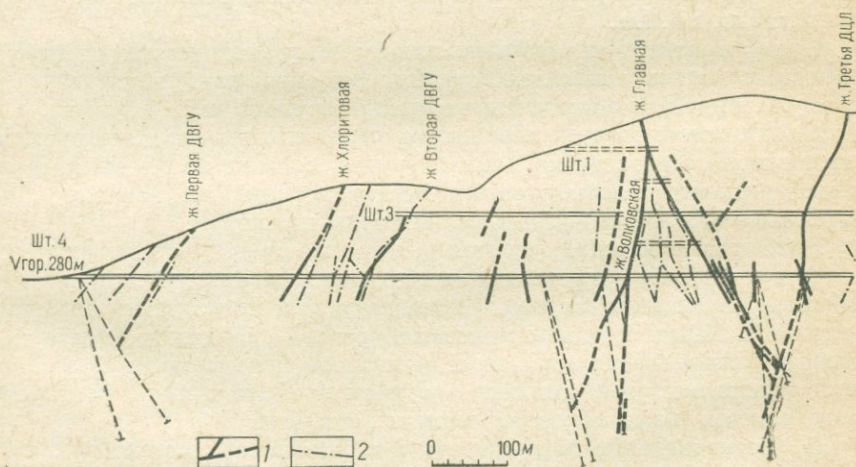


Рис. 4. Разрез по оси штольни 4 на оловянно-полиметаллическом месторождении Хрустальном (по В. П. Полохову)

1 — рудные жилы; 2 — тектонические нарушения

Но вследствие небольших размеров такие месторождения обладают малыми запасами руд и, следовательно, промышленные типы жильных месторождений цветных металлов и золота заключают в себе меньшую долю запасов руд. Обычно они составляют и меньшую долю в добыче руд.

**Руды радиоактивных элементов.** Залежи ураноносных конгломератов, песчаников и сланцев обладают наиболее крупными запасами руд, но обычно небогатых. Обособленный промышленный тип составляют рудные жилы, содержащие высокие концентрации урана, никель, кобальт, серебро, висмут, иногда медь и молибден или флюорит. Эти важнейшие типы месторождений дают почти всю современную добычу урана. Ведущим промышленным типом месторождений тория являются современные и погребенные россыпи монацита.

**Основным источником редких элементов** — бериллия, лития, ниобия и тантала — являются пегматитовые жилы и грейзеновые зоны в гранитоидах. В них находятся совместно несколько редких элементов и, кроме того, иногда в извлекаемых количествах содержатся вольфрамит, молибденит, а в грейзенах — касситерит. Таким образом, редкометалльные пегматиты обычно являются источником комплексных руд.

Прибрежно-морские россыпи с цирконом, монацитом и рутилом представляют собой главный промышленный тип редкоземельных месторождений, который дает большую часть добываемого в мире циркония, редкоземельных элементов и, кроме того, золото, ильменит и касситерит.

Пластообразные залежи в стратифицированных щелочных интрузивных массивах с лопаритом и редкоземельными минералами составляют важнейший промышленный тип месторождений редких элементов. В них содержатся: Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

К перспективному промышленному типу месторождений ниобия и редких земель относятся крупные массивы карбонатитов.

**Руды индустриального сырья** исключительно многообразны. Они являются источником минерального сырья многих отраслей промышленности. Соответственно данная группа состоит из промышленных типов различных минеральных месторождений, из которых лишь отдельные приводятся здесь в качестве примеров.

Графитизированные угольные пласты среди метаморфических толщ представляют промышленный тип графитовых месторождений, характеризующихся скрытокристаллическим состоянием полезного минерала. Жилы и линзы кристаллического графита являются другим промышленным типом этого полезного ископаемого, составляющим вместе с первым основные ресурсы графита в мире, используемого в нескольких отраслях промышленности.

Крупные жильные зоны хризотил-асбеста в серпентинитах (рис. 5) и жилы антофиллит-асбеста среди метаморфических толщ принадлежат к двум различным промышленным типам месторождений асбеста. Эти два промышленных типа дают все минеральное сырье как

для асботекстильной промышленности, так и для производства различного рода огнестойких изделий и изготовления улучшенных строительных материалов.

Ведущие промышленные типы месторождений слюды представлены пегматитовыми жилами с мусковитом и жилами или гнездами флогопита в гнейсах и кристаллических доломитах.

Для месторождений алмазов характерны два промышленных типа: 1) россыпи и 2) кимберлитовые трубки. В СССР преобладают месторождения второго типа.

Промышленные месторождения оптических минералов образуют несколько типов. Наибольшее значение имеют: кварцевые жилы в массивах гранитоидов и среди кварцитов (рис. 6), гнезда флюорита и исландского шпата в пустотах карбонатных горных пород.

Руды для химической промышленности заключены в нескольких промышленных типах крупных месторождений солей и фосфатов. В эту группу входят также многие менее значительные типы месторождений стронция, бора, серы, барита, селитры, квасцов и др.

Важнейшими промышленными типами месторождений, обеспечивающими сельское хозяйство натуральными удобрениями, являются крупные плитообразные и линзообразные апатит-нефелиновые тела, залегающие среди массивов щелочных кристаллических горных пород, и пластовые залежи фосфоритов в свитах осадочных пород. Эти два типа месторождений обеспечивают почти всю мировую добычу фосфатных удобрений.

Среди множества месторождений ископаемых солей выделяются два промышленных типа: 1) мощные свиты пластов калийных и магниевых солей в песчано-глинистых отложениях, с которыми связаны рассеянные элементы (бром, рубидий и др.), 2) штокообразные и линзообразные деформированные пластовые залежи калиевых и натриевых солей в сложнослоистых осадочно-метаморфических толщах.

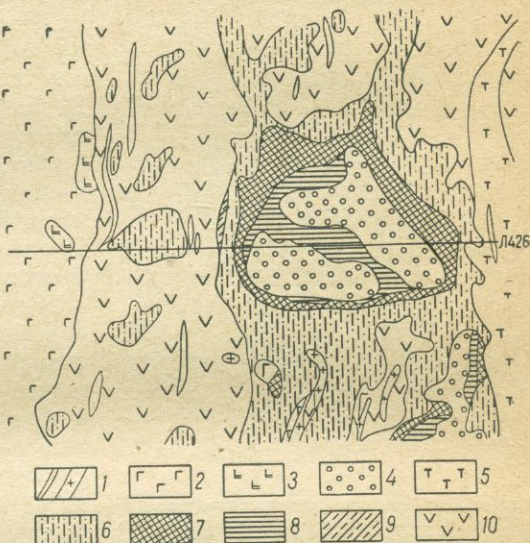


Рис. 5. Схематическая геологическая карта Северного участка Баженовского месторождения асбеста (по П. М. Татаринovu). (Разрез см. на рис. 120)

- 1 — дайки аплитов и диоритов; 2 — габбро; 3 — пироксениты; 4 — перидотиты; 5 — тальковые породы; 6 — серпентиниты с прожилками асбеста; 7 — серпентиниты с мелкой сеткой асбестовых прожилков; 8 — перидотиты с «отороченными жилами» асбеста; 9 — серпентиниты расланцованные с асбестом; 10 — серпентиниты массивные

Строительные и флюсовые материалы заключаются в массивах и толщах как изверженных, так и осадочных горных пород, пригодных для выработки строительных элементов, гончарно-черепичного производства и производства цемента или для добавок в металлургическом процессе. Для тех и других целей используются в основном пески, глины, известняки, доломиты, ломаные камни, но с несколько различными требованиями к химическому составу и физическим свойствам.

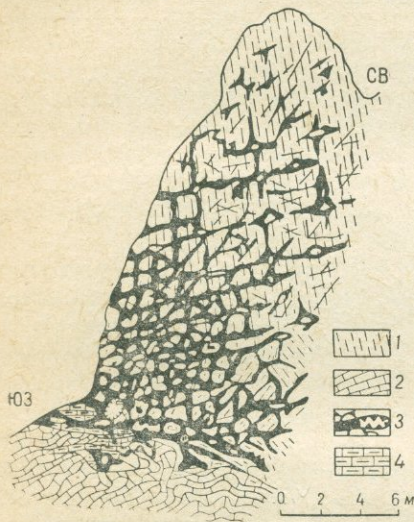


Рис. 6. Обнажение штокверкообразного кварц-хрусталеносного тела Памирского месторождения горного хрусталя (по А. И. Захарченко)

1 — кварцитовидный песчаник; 2 — мрамор; 3 — жильный кварц с хрусталеносными погребями и занорышами; 4 — анкерит

Важнейшими промышленными типами месторождений этой группы являются: 1) пласты глин; 2) пласты и линзы кварцевых песков; 3) пласты сливных кварцитов; 4) пласты и массивы известняков; 5) пласты и линзы доломита; 6) пласты и линзы магнезита; 7) линзообразные залежи мела; 8) пласты гипсов.

Эти промышленные типы дают огромные массы минерального сырья и обладают практически неисчерпаемыми запасами его в недрах. Нередко можно встретить комплексные месторождения строительных материалов, когда на одном и том же участке сосредоточены ископаемые, относящиеся к разным промышленным типам.

Кроме перечисленных важнейших промышленных типов месторождений строительных материалов имеются и другие типы месторождений

используемых в современной строительной и металлургической промышленности. Таковы, например, месторождения облицовочного камня (мраморов, туфов, гранитов, габбро, порфиритов) или формовочных материалов для литейного производства и т. п.

### Жидкие и газообразные полезные ископаемые

Подземные воды как месторождения полезных ископаемых можно подразделить на три промышленных типа: 1) грунтовые воды, залегающие неглубоко от дневной поверхности; 2) артезианские воды, залегающие в дислоцированных толщах, обычно на больших глубинах; 3) минеральные воды преимущественно трещинного происхождения, образующие целебные источники. Грунтовые воды занимают обширные площади среди осадочных отложений, их ресурсы оцениваются

Рис. 7. Карта грунтового стока в реки на территории Днепровско-Донецкой впадины (по П. П. Климентову)

Средний годовой сток (в мм слоя):  
 а — более 80; б — от 80 до 70; в — от 70 до 60; г — от 60 до 50; д — от 50 до 40; е — от 40 до 30; ж — от 30 до 20; з — от 20 до 10; и — менее 10

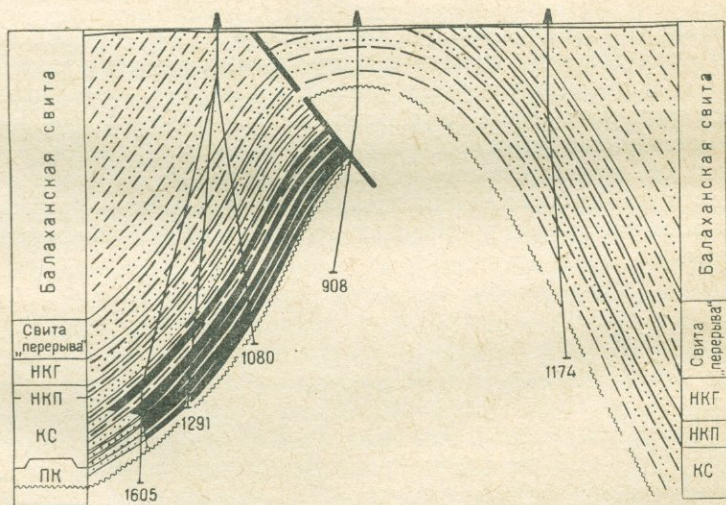
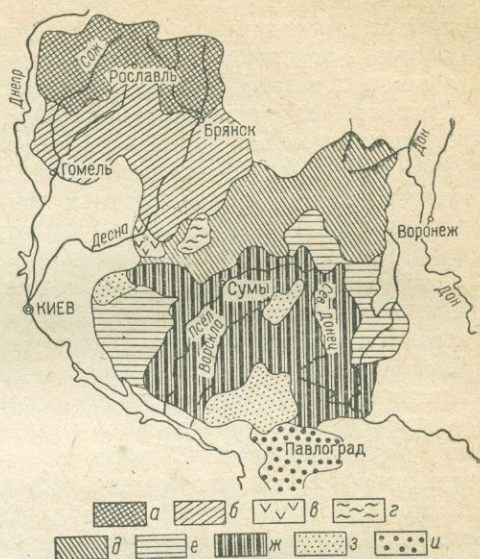


Рис. 8. Месторождение нефти Дарвина с глубоко размытой продуктивной свитой в своде антиклинальной структуры, осложненное разрывным нарушением (по В. К. Бабадзе)

по величине речного стока, обычно различного в разных частях региона (рис. 7). Артезианские воды приурочены к скальным породам, но иногда встречаются и среди рыхлых четвертичных отложений. Последний промышленный тип — минеральные воды — складывается из нескольких подтипов, различаемых по составу растворенных в воде элементов и соответственно имеющих разное назначение.

**Рассолы**, служащие источниками получения легкорастворимых природных солей и других соединений, используются промышленностью в ограниченных масштабах. Они могут быть подразделены условно на два промышленных типа: 1) рассолы пересыщенных водоемов (высыхающие озера); 2) подземные рассолы, содержащие галоидные и сульфатные соединения.

**Нефть** находится в различных природных средах и ее месторождения отличаются многообразием форм, условий залегания и качества. Важнейшими промышленными типами нефтяных месторождений являются две группы, существенно различающиеся по условиям залегания: 1) нефтяные залежи в пологих слоистых структурах слабо деформированных свит песчано-глинистых отложений, преимущественно на платформах; 2) нефтяные залежи в интенсивно дислоцированных с разрывами осадочно-метаморфических толщах, в складчатых областях. Последние преобладают в Бакинской нефтеносной области. Там наиболее крупные месторождения нефти связаны с различными складками. Среди них многие месторождения осложнены разрывными нарушениями (рис. 8); меньшее значение имеют месторождения нефти, связанные с моноклинальным спокойным залеганием слоев.

**Газы**, заключенные в земной коре, разнообразны — от простейших элементарных газов до сложных газообразных органических соединений. На современном уровне развития техники промышленными являются только горючие газы, которые принадлежат к двум основным промышленным типам: 1) чисто газовые месторождения в разнородных по проницаемости осадочных толщах; 2) газонефтяные месторождения, где газ содержится или в смешанном с нефтью состоянии или раздельно в пределах газонефтеносной геологической структуры.

## ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Под поисками понимаются работы, направленные на обнаружение месторождений полезных ископаемых. Поиски месторождений базируются на достижениях различных отраслей геологической науки. Основой поисков являются геологические карты, отражающие строение и историю геологического развития земной коры. Без всестороннего изучения геологического строения района невозможно проведение научно обоснованных поисковых работ.

Приступая к поискам месторождений полезных ископаемых, необходимо ясно представить себе цель: что, где и как искать? Искать следует промышленные типы месторождений в благоприятных геологических обстановках современными поисковыми методами.

Прежде всего необходимо выделить перспективные территории для проведения поисковых работ. Такие территории выделяются по геологическим данным на основании мелкокомасштабных (1 : 200 000 — 1 : 50 000) государственных геологических карт с учетом результатов региональных геофизических и геохимических работ.

Чтобы выявить минеральные скопления, указывающие на возможное существование промышленного месторождения, на перспективной площади необходимо выполнить широкий комплекс исследований. Дело в том, что непосредственно удастся обнаружить лишь те скопления полезных ископаемых, которые в коренном залегании или в россыпях обнажены на дневной поверхности. Большая же часть территории нашей страны покрыта рыхлыми отложениями. Для обнаружения проявлений полезных ископаемых под покровом рыхлых отложений проводятся геофизические и геохимические исследования, с помощью которых определяются участки повышенной концентрации полезных минералов или элементов. Затем на этих относительно небольших площадях закладываются горные выработки или буровые скважины, позволяющие обнаружить минеральные скопления, интересные для дальнейшего изучения.

Полезные ископаемые, обладающие физическими свойствами (магнитностью, радиоактивностью, электропроводностью, плотностью), резко отличными от окружающей среды, могут обнаруживаться при помощи соответствующих геофизических методов. В таких случаях в начальный период поисков фиксируются те или иные геофизические аномалии; затем в пределах аномальных участков произ-

водятся работы, направленные на выявление скоплений полезных ископаемых. Для обнаружения полезных ископаемых, не выходящих на поверхность и залегающих на значительной глубине, так называемых «слепых» залежей, приходится бурить довольно глубокие поисковые скважины или проходить подземные горные выработки. Участки для глубинных поисков определяются на основании анализа геологических карт, геофизических и геохимических аномалий, позволяющих по сумме данных предполагать скрытые на глубине полезные ископаемые.

Для наиболее полного выявления месторождений полезных ископаемых применяется геологическая съемка с комплексом поисковых методов, что позволяет выяснить геологическую обстановку в данном районе и обнаружить там максимум проявлений полезных ископаемых. Сущность комплексных поисков месторождений полезных ископаемых заключается в том, чтобы применить в определенных геологических условиях и с учетом условий ландшафта все целесообразные методы для обнаружения полезных ископаемых в данном районе.

В отличие от комплексных поисковых работ на всевозможные полезные ископаемые в практике часто ведутся специализированные поиски месторождений определенного промышленного типа. Так, при поисках золотоносных россыпей осуществляется комплекс исследований, направленных только на выявление повышенных концентраций свободного золота. Для поисков урановых руд ведутся работы, направленные только на их обнаружение. При поисках угля или нефти применяются методы и технические средства, имеющие целью обнаружение лишь месторождений этих полезных ископаемых. Правда, и при специализированных поисках обязательно фиксируются находки других полезных ископаемых, но без применения специальных методов и дополнительных затрат.

С течением времени количество легкооткрываемых месторождений резко уменьшается. В отдельных хорошо изученных рудных районах промышленные месторождения, выходящие на поверхность, по существу все открыты. Поэтому с особой остротой встает вопрос разработки новых методов, позволяющих обнаруживать месторождения на больших глубинах. К таким методам относятся геофизические и геохимические.

Геологи-нефтяники проводят поиски месторождений на глубинах до 5—6 км, а в пределах богатых нефтеносных провинций исследования проникают до глубины 8—9 км.

Поиски месторождений твердых полезных ископаемых целесообразны до глубин, на которых ведется их разведка и разработка. Так, разведка и эксплуатация угольных месторождений проводится до глубины 1,5—2 км. Разведка же большинства металлических полезных ископаемых ведется до глубины 500 м, и только в отдельных случаях для месторождений золота и алмазов она захватывает глубины до 1—3 км и более.

При поисках важно не только обнаружить полезное ископаемое, но и дать геолого-экономическую оценку открытия. Обычно из 200 рудопоявлений только одно имеет промышленный интерес. Понятие «промышленное» или «непромышленное» месторождение (рудопоявление) является условным, так как оно зависит от требований, предъявляемых к минеральному сырью. Эти требования изменяются по мере развития техники, в результате чего непромышленное месторождение со временем может стать промышленным. Это следует учитывать при оценке новых открытий.

## 1. ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ

Под поисковыми критериями понимаются природные факторы, определяющие возможность нахождения месторождений в земной коре. Среди поисковых критериев различаются: климатические, стратиграфические, фациально-литологические, структурные, магматогенные, метаморфогенные, геохимические, геоморфологические, геофизические. Для разных типов месторождений могут иметь значения различные критерии или их комплексы.

**Климатические критерии** указывают на связь климатических условий и процессов минералообразования и определяются особенностями осадкообразования и осадконакопления на больших территориях (рис. 9).

Зоны влажного климата (гумидные) благоприятны для образования россыпных месторождений золота, платины, алмазов и ряда тяжелых металлов, а также месторождений бокситов, каолинов, железных, марганцевых руд и углей. В зонах засушливого климата (аридного) можно предполагать образование осадочных руд меди, свинца, цинка, гипса, галита, калийных солей, флюорита, боратов, брома. На наших глазах в пустыне на побережье Каспия в специфических условиях происходит образование в промышленных количествах мирабилита, выпадающего из морской воды.

Н. М. Страхов указывает, что, очерчивая для каждого отрезка геологического времени пролегание гумидных или аридных зон, мы тем самым выделяем на поверхности Земли области, которые в то время были благоприятны для формирования химической коры выветривания и образования определенных месторождений; одновременно выявляются области, неблагоприятные для их образования.

**Стратиграфические критерии** имеют особое значение для осадочных месторождений таких полезных ископаемых, как угли, горючие сланцы, соли, фосфориты, железо, марганец. Образование этих месторождений происходило одновременно с осадконакоплением и, следовательно, они связаны с определенными подразделениями стратиграфического разреза. При изучении истории образования многих полезных ископаемых установлено, что в процессе формирования земной коры выделяются наиболее благоприятные для них эпохи. Например, более 90% запасов железа связаны с процессами, протекавшими

в докембрийское время. В накоплении углей выделяются четыре главных периода: каменноугольный, пермский, юрский, палеогеновый. Так, в Кузбассе месторождения каменных углей связаны исключи-

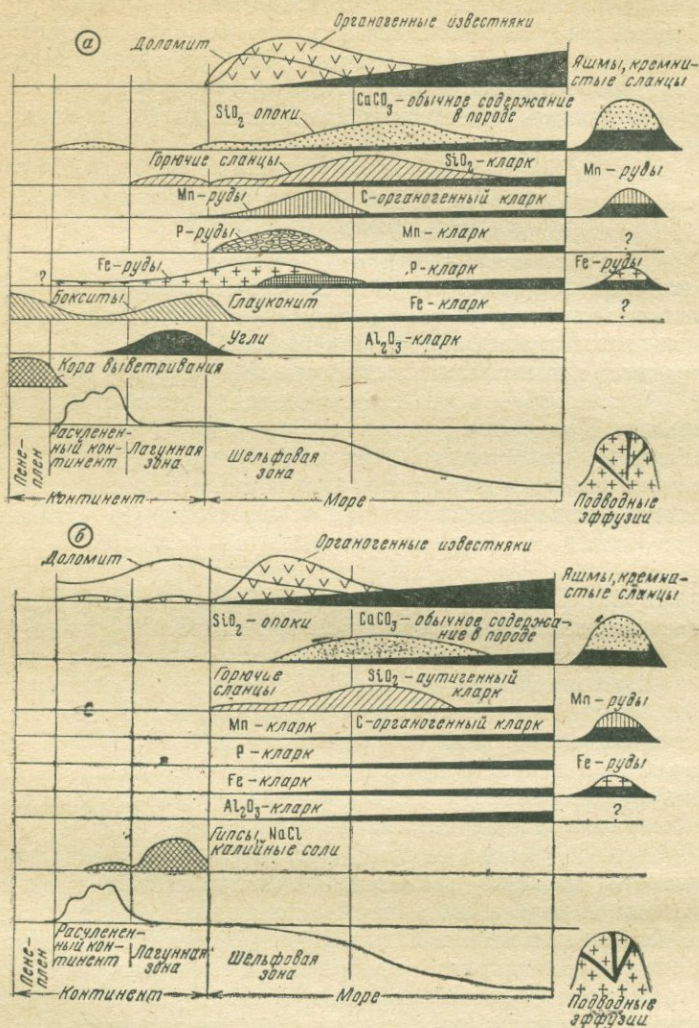


Рис. 9. Особенности осадкообразования в условиях влажного (а) и засушливого (б) климата (по Н. М. Страхову)

тельно с отложениями пермской системы, а в районах Средней Азии промышленные месторождения каменных углей известны только в породах юрской системы.

Важное значение в формировании ряда осадочных месторождений имели перерывы в осадконакоплении. Так, месторождения бокситов

восточного склона Урала, ряд месторождений фосфоритов, погребенные россыпи золота приурочены к основаниям трансгрессивных серий.

Некоторые эпигенетические месторождения связаны с определенными стратиграфическими единицами — с горизонтами, благоприятными для замещения в процессе гидротермальных преобразований (Алтайские полиметаллические месторождения), или с горизонтами, играющими роль экрана (сурьмяные и ртутные месторождения Средней Азии). Слюдоносные промышленные пегматиты обычно находятся в толщах древнейших образований.

**Фациально-литологические критерии** основаны на предположении о связи некоторых месторождений с определенными фациями или типами горных пород. Такого рода критерии широко используются при выявлении железорудных и марганцеворудных горизонтов, а также связанных с ними опок, спонголитов, яшм. Железорудные пласты морских фаций состоят из оолитов, органических остатков и цемента, в котором присутствуют гематит, шамозит и сидерит. Марганцевые оолитовые руды имеют исключительную промышленную ценность (Чиатура, Никополь).

Большинство бокситовых месторождений приурочено к корам выветривания, развивающимся главным образом на гранитах и сиенитах. Силикатные никелевые руды залегают в коре выветривания ультраосновных пород.

Угленосные отложения состоят преимущественно из тонкообломочного терригенного материала. Наличие в разрезе крупнообломочных толщ (конгломератов), как правило, является отрицательным фактором при оценке угленосности района.

Нефть обычно встречается в хорошо пористых породах — коллекторах, способных накапливать ее в своих пустотах. К таким породам относятся пески, пористые песчаники, кавернозные известняки.

Для поисков эндогенного оруденения особое значение имеют карбонатные породы и скарны, с которыми связаны многие железные, медные, вольфрамовые, молибденовые, оловянные, свинцово-цинковые и другие руды. В карбонатных породах отмечаются месторождения флюорита, барита.

С вулканогенно-осадочными породами связаны полиметаллические месторождения (Алтай); с листовитами — ртутное оруденение (Калифорния, Средняя Азия); с терригенными песчано-сланцевыми породами — оловянные и оловянно-вольфрамовые руды. Почти все месторождения мусковита, флогопита и графита залегают в метаморфических сланцах. В кварцитах локализуются месторождения горного хрусталя.

**Структурные критерии** основаны на особенностях тектонического строения земной коры, определяющих условия локализации месторождений. Необходимо различать по крайней мере три группы структурных критериев: 1) группу структур, определяющих положения рудных полей и бассейнов в пределах складчатых зон и платформ; 2) группу структур, определяющих положения отдельных месторождений в

пределах рудных полей или бассейнов, и 3) группу структур, определяющих положения рудных тел в месторождениях.

Структурные критерии первой группы определяют самые общие закономерности размещения полезных ископаемых. Так, главные структурные элементы земной коры — щиты, платформы и геосинклинальные зоны — характеризуются вполне определенным металлогеническим обликом. Щиты наиболее богаты месторождениями слюды, редких и радиоактивных элементов, апатита; на платформах отмечаются месторождения фосфоритов, нефти, газа, угля; в геосинклинальных областях сосредоточена основная масса металлических полезных ископаемых. Следовательно, основная цель изучения структур первой группы заключается в установлении закономерностей размещения рудных полей.

Структуры рудных полей в пределах щитов, платформ и геосинклинальных областей, как правило, определяются складчатыми и разрывными нарушениями более высоких порядков. В равной степени это относится и к месторождениям. Наиболее благоприятными структурными условиями для локализации рудных полей и месторождений являются замковые части складок, особенно осложненные разрывными нарушениями, и зоны пересечения разрывных нарушений различных направлений.

Структура осадочных месторождений более проста и чаще всего подчинена складчатости. Так, рудные тела месторождений железа платформенного типа залегают горизонтально или слабонаклонно, имеют пластовую и пластообразную форму и отличаются устойчивой мощностью. Рудные тела железистых кварцитов типа Кривого Рога падают круто, согласно с элементами залегания вмещающих толщ. Складчатые структуры — антиклинали или купола — наиболее благоприятны для локализации нефтяных и газовых месторождений.

Структуры, определяющие положение тел полезного ископаемого в пределах месторождения, исключительно многообразны. Они рассматриваются ниже в разделах о поисково-разведочных работах и в связи с вопросами разведки месторождений.

Магматогенные критерии. К магматогенным критериям относятся все прямые и косвенные геологические факторы, определяющие связь месторождений полезных ископаемых с изверженными породами. Эндогенные месторождения чаще всего имеют пространственную и генетическую связь с определенными интрузивами, закономерно размещаясь относительно последних (рис. 10). При разрушении некоторых видов изверженных пород могут образовываться осадочные месторождения и месторождения кор выветривания.

В основных и ультраосновных массивах (перидотитах, дунитах, пироксенитах) локализуются месторождения хрома, платины, титана, алмазов, медно-никелевые, асбеста, талька. В результате выветривания пород этой группы образуются вторичные месторождения никеля и кобальта, а также россыпные месторождения платины и алмазов.

С кислыми магматическими породами связано подавляющее большинство эндогенных рудных месторождений. Существует определенная зависимость между характером оруденения и глубиной материнской интрузии. Выделяются вулканические лавовые тела; гипабиссальные интрузии и дайки; интрузивные массивы средних и больших глубин. С гипабиссальными малыми интрузиями связано большинство полиметаллических месторождений, значительная часть золотых, некоторые медные, оловянные и др. К гранитоидным батолитам приурочены месторождения вольфрама, почти все рудоносные пегматиты, оловянные месторождения кварц-касситеритовой формации, значительная часть золоторудных и молибденовых месторождений. В результате разрушения изверженных пород кислого состава образуются элювиальные, делювиальные и аллювиальные месторождения монацита, золота, олова и других металлов.

Рис. 10. Особенности локализации сульфидных медно-никелевых месторождений в основных горных породах

1 — нориты; 2 — вмещающие гнейсы и сланцы; 3 — руды сплошные (черное) и выращенные (точки)



В щелочных интрузивных породах известны крупные карбонатитовые месторождения ниобия. На Кольском полуострове в пределах стратифицированного Ловозерского щелочного массива выделяется горизонт, в котором отмечается до 20 промышленно ценных элементов. В щелочных породах расположены уникальные Хибинские апатитовые месторождения.

Если установлена пространственная взаимосвязь даек с рудными телами, то это может оказать значительную помощь при поисках эндогенного оруденения.

**Метаморфогенные критерии.** Толщи горных пород и месторождения, залегающих в них, в процессе развития земной коры подвергаются метаморфизму. Такие измененные месторождения называются метаморфизованными. В результате метаморфизма в горных породах в связи с изменениями температур и давлений могут возникать новые месторождения, получившие название метаморфогенных, как, например, месторождения титана в кристаллических сланцах, кианитовые месторождения в метаморфических породах и некоторые другие.

С метаморфизмом связывается образование месторождений флогопита, графита, железистых кварцитов, мрамора, некоторых месторождений исландского шпата, гранатов.

Для метаморфизованных и метаморфогенных месторождений характерны специфические изменения вмещающих пород, которые могут являться поисковыми критериями: серпентинизация ультраосновных пород, графитизация гнейсов, ослоденение, мраморизация

известняков. Эти изменения могут появляться не только в результате регионального метаморфизма, но и под влиянием глубинных интрузий, что в значительной степени увеличивает перспективы поисков в данном районе.

Измененные околорудные породы являются важным поисковым критерием месторождений различного генезиса. Изменение вмещающих пород может происходить не только в результате воздействия рудоносных растворов, но и в процессе разрушения месторождения в зоне выветривания. Наиболее характерными околорудными изменениями вмещающих пород эндогенных месторождений являются скарнирование, грейзенизация, окварцевание, каолинизация, доломитизация, серицитизация. Со скарнами связаны месторождения железа, меди, полиметаллов, вольфрама, молибдена, золота, олова, бора и некоторых других металлов. В грейзенизированных породах отмечаются месторождения олова, вольфрама, молибдена, бериллия, тавтала, ниобия, висмута. Серицитизация сопровождается месторождениями золота, меди, цинка, свинца, редких металлов. Каолинизация характерна для средне- и низкотемпературных месторождений свинца, цинка, золота, олова, флюорита, ртути.

Измененные околорудные породы имеют важное поисковое значение в связи с тем, что они, как правило, ярко окрашены и распространены на площадях, значительно превосходящих размеры тела полезных ископаемых. Однако надо иметь в виду, что зоны измененных пород не всегда содержат промышленное оруденение.

**Геохимические критерии.** Закономерное распределение химических элементов в различных природных образованиях — горных породах, почвах, водах — является основой геохимических поисков. Благоприятными для поисков являются площади, на которых отмечаются повышенные содержания промышленно ценных элементов и их спутников. Например, повышенные средние содержания свинца и цинка характерны для эффузивно-осадочных толщ Рудного Алтая, известного богатыми полиметаллическими месторождениями. В ультраосновных породах Южного Урала, где распространены месторождения хрома, отмечаются повышенные средние его содержания.

Особенно важное поисковое значение имеют минеральные формы нахождения элемента, парагенетические ассоциации элементов и минералов. Знание парагенезисов позволяет уже на стадии поисков установить возможный комплекс главных, второстепенных и редких элементов. Например, в свинцово-цинковых рудах часто присутствуют серебро и кадмий, в медно-никелевых — кобальт и платина. Известна пятиэлементная формация, в которой присутствуют уран, кобальт, никель, висмут, серебро. В месторождениях угля встречаются германий, уран, ванадий; в галоидных солях — иод и бром.

Выделяются первичные и вторичные парагенетические ассоциации минералов. Так, в полиметаллических рудах главными первичными минералами являются галенит и сфалерит, а вторичная парагенетическая ассоциация представлена англезитом и церусситом,

развивающимися по галениту, и смитсонитом, развитым по сфалериту.

Большое значение для поисков некоторых месторождений имеют элементы-индикаторы: литий в гранитоидах указывает на присутствие тантала; мышьяк — на золотую минерализацию; ртуть — на ряд халькофильных элементов.

Ценную информацию для поисков дают акцессорные минералы в изверженных породах: биотит, циркон, сфен, рутил и сульфиды. Если в биотите из гранитов отмечается литий или олово, то это дает основание ожидать повышенные концентрации этих металлов в гранитном массиве или вблизи него. Поисковое значение имеют повышенные содержания химических элементов не только в коренных породах, но и в рыхлых отложениях, в почвах, растениях, в подземных и поверхностных водах. Например, повышенные содержания химических элементов в каком-либо водотоке свидетельствуют о возможном обогащении бассейна водосбора этими элементами. В водах вблизи нефтяных и газовых месторождений часто содержатся повышенные количества иода, брома, растворимых углеводов.

**Геоморфологические критерии.** Формирование рельефа земной поверхности определяет пространственное положение месторождений, связанных с разрушением коренных пород и перетолжением рыхлого материала. Это разнообразные россыпи, месторождения кор выветривания, глины, пески, гравий.

Наибольшее значение геоморфологические критерии имеют при поисках россыпных месторождений. Изучение истории формирования современных и древних речных долин способствует открытию различных россыпей благородных металлов.

Характерные формы рельефа свойственны площадям развития коры выветривания и ледниковых отложений. С выровненными поверхностями коры выветривания связаны крупнейшие месторождения бокситов, марганца, никеля, редких металлов.

Ледниковые формы рельефа (озы, друмлины, камы) служат надежным признаком месторождений высококачественного песка и гравия. Геоморфологические наблюдения помогают при поисках рудных тел зон измененных пород, которые благодаря резко отличным физическим свойствам отчетливо проявляются в рельефе. Устойчивые к выветриванию рудные тела, дайки, измененные зоны образуют положительные формы рельефа. Неустойчивые к выветриванию зоны окисления сульфидных рудных тел, породы, нарушенные тектоническими подвижками, могут образовывать отрицательные формы рельефа (промоины, впадины). Таким образом, избирательное выветривание приводит к образованию характерных форм рельефа. Это позволяет геологу с помощью аэрофотоснимков на стадии подготовки к полевым работам по геоморфологическим признакам выделить наиболее интересные участки для поисков тех или иных полезных ископаемых.

Геоморфологические критерии помогают выявлять молодые поднятия, связанные с современными движениями земной коры, что

имеет большое значение при поисках месторождений нефти и газа.

**Геофизические критерии** основаны на изучении естественных физических полей, среди которых выделяются аномалии, указывающие на возможность обнаружения полезных ископаемых. Такими аномалиями являются магнитные, радиоактивные, гравитационные и аномалии электрического поля. На практике в силу различных причин при производстве геофизических съемок выявляется множество геофизических аномалий, но лишь немногие из них связаны с полезными ископаемыми. Чаще всего магнитные аномалии фиксируют железные и медно-никелевые руды, участки повышенного гамма-излучения — радиоактивные руды, аномалии силы тяжести указывают на месторождения хромитов, каменной соли и т. д. При поисках алмазонасных кимберлитов большую помощь оказали магнитные съемки, которые фиксировали трубки по интенсивным магнитным аномалиям.

В последнее время все большее значение приобретают геофизические наблюдения, проводимые с искусственных спутников Земли и управляемых космических аппаратов. Эти наблюдения позволяют рассматривать изменения геофизических полей во времени и в пространстве.

## 2. ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Поисковыми признаками называют геологические и негеологические данные, указывающие на присутствие полезного ископаемого. К геологическим данным относятся минералогические, химические и физические свойства полезных ископаемых и вмещающих пород, проявляющиеся в процессе их образования и изменения. Это обнажения полезных ископаемых, обломки руды, шлихи с полезными минералами, высокие концентрации элементов в горных породах и водах, геофизические аномалии. К негеологическим данным относятся следы деятельности человека по добыче и переработке полезных ископаемых.

**Обнажения полезных ископаемых.** Наиболее достоверным поисковым признаком является выход на дневную поверхность или искусственное обнажение полезного ископаемого. Под выходами понимают обнажения тел полезного ископаемого в их естественном залегании. Они представлены скоплениями минералов твердых полезных ископаемых, проявлениями нефти и газа в различных природных образованиях, минерализованными водными источниками. По выходу полезного ископаемого часто можно судить о возможном распространении минерализации на глубину, о содержании того или иного элемента, о качестве полезного ископаемого.

При изучении выходов полезных ископаемых необходимо иметь в виду, что процессами выветривания они могут быть существенно изменены. В зоне выветривания кимберлит, например, превращается в глиноподобную массу; над медноколчеданными месторождениями развиваются мощные «железные шляпы», сложенные гидроокислами

железа; уголь, окисляясь, превращается в бурые, беловато-серые породы.

Искусственные обнажения полезного ископаемого образуются при проходке различных структурно-картировочных и поисковых выработок — буровых скважин, шурфов, при строительстве инженерных сооружений — котлованов, тоннелей.

**Ореолы рассеяния полезных ископаемых.** Различным геологическим образованиям свойственны свои особенности распределения химических элементов и минералов. Специфика в распределении химических элементов присуща и продуктам разрушения пород — рыхлым отложениям, почвам, а также природным водам и растениям. Средние содержания химических элементов в этих природных образованиях за пределами месторождений полезных ископаемых определяют местный геохимический фон. За фоновые значения элемента принимаются наиболее часто встречающиеся его содержания в пределах изучаемой территории.

В результате различных геолого-геохимических процессов, сопровождающихся привнесом или выносом химических элементов, в коренных горных породах, рыхлых отложениях, почвах, природных водах и растениях могут возникать повышенные или пониженные по сравнению с геохимическим фоном содержания химических элементов, которые называются геохимическими аномалиями.

Геохимические аномалии, связанные с телами полезных ископаемых и продуктами их разрушения, называются ореолами рассеяния. Ореолы, развивающиеся в коренных породах, рыхлых отложениях и почвах, называют литогеохимическими; в водах — гидрогеохимическими; в растениях — биогеохимическими; в почвенном воздухе — атмогеохимическими. По происхождению ореолы рассеяния делятся на первичные (эндогенные) и вторичные (экзогенные). К первичным относятся ореолы в коренных породах, образующиеся одновременно с формированием тел полезных ископаемых; ко вторичным относятся прочие типы ореолов, возникающие в процессе разрушения месторождения (рис. 11).

Ореолы рассеяния представлены химическими элементами, находящимися в минеральной форме и в рассеянном состоянии. Элементный состав ореолов, как правило, соответствует составу рудных тел. В первичных ореолах свинцово-цинковых месторождений, рудные тела которых сложены галенитом, сфалеритом, магнетитом,



Рис. 11. Блок-диаграмма вторичного ореола рассеяния

1 — элювий-делювий; 2 — аллювий; 3 — рудное тело; 4 — вмещающие горные породы; 5 — контуры аномальных содержаний металла

халькопиритом, аргентитом, арсенопиритом, отмечаются повышенные содержания свинца, цинка, мышьяка, меди, кадмия, серебра, висмута. В ореолах вольфрамовых месторождений, представленных шеелит-сульфидной минерализацией, отмечаются вольфрам, молибден, медь, свинец, цинк. Во вторичных ореолах рассеяния встречаются только наиболее распространенные элементы рудных тел. Например, в водных ореолах медноколчеданных месторождений наиболее часто отмечаются медь, свинец, цинк; в водных ореолах молибденовых месторождений основными элементами являются молибден, вольфрам, свинец, цинк.

Зональное распределение химических элементов в ореолах выражается в закономерном уменьшении концентрации элементов по мере удаления от тела полезного ископаемого.

Первичные литогеохимические ореолы, распространенные непосредственно вокруг тел полезных ископаемых, являются наиболее надежным поисковым геохимическим признаком. К ним относятся повышенные содержания (аномальные) элементов-индикаторов во вмещающих породах, различные вкрапленники рудных минералов вблизи рудных залежей, прослойки угля или руд в породах, подстилающих или перекрывающих промышленные пласты полезного ископаемого.

Вторичные литогеохимические ореолы возникают в результате физического и химического выветривания тел полезных ископаемых. Под действием силы тяжести продукты выветривания распространяются по склонам гор и долинам рек и образуют потоки рассеяния (рис. 11). В образовании механических потоков рассеяния принимают участие устойчивые в зоне выветривания первичные минералы, такие, как касситерит, вольфрамит, шеелит, киноварь, монацит, и вторичные минералы: окислы свинца и молибдена, гидрокарбонаты меди, силикаты цинка и никеля. В водных потоках происходит сортировка минералов по удельному весу, в результате чего могут возникать промышленные скопления минералов — россыпные месторождения золота, платины, рутила, ильменита, циркона, гранатов, алмазов. Ореолы, связанные с сорбцией различных химических элементов и их соединений глинистыми и илистыми фракциями речных отложений, называются донными осадками. В такого рода потоках рассеяния повышенные содержания металлов могут проследиваться на расстоянии нескольких километров от разрушаемых тел полезных ископаемых.

Вторичные ореолы рассеяния в рыхлых отложениях по расположению их относительно поверхности земли делятся на открытые и закрытые (рис. 12). В настоящее время наиболее эффективно геохимические поиски проводятся по открытым ореолам, развитым в элювиально-делювиальных отложениях.

Гидрогеохимические ореолы рассеяния представляют собой участки водоносных горизонтов, химический состав которых обусловлен взаимодействием природных вод с месторождениями. Эти участки отличаются повышенными содержаниями хи-

мических компонентов, свойственных месторождению, и закономерным увеличением их содержаний по мере приближения к последнему.

По стабильности проявления гидрогеохимические аномалии разделяются на постоянные и временные. Постоянные гидрогеохимические аномалии характерны для глубоких водоносных горизонтов с относительно постоянным режимом. Временные гидрогеохимические аномалии образуются в поверхностных и грунтовых водах и отличаются значительными колебаниями содержаний химических элементов в зависимости от интенсивности атмосферных осадков.

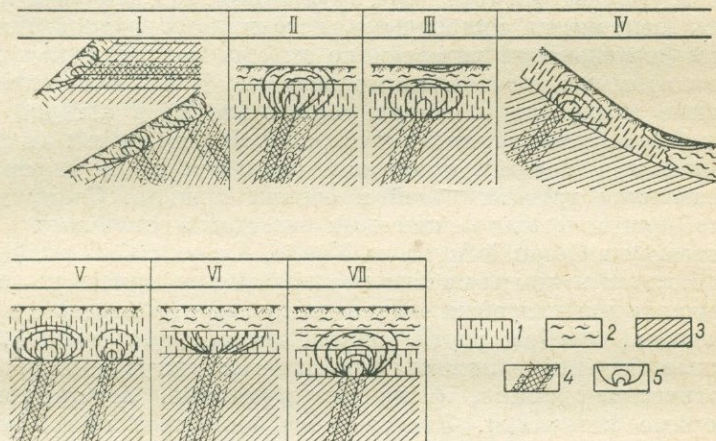


Рис. 12. Основные типы вторичных литогеохимических ореолов рассеяния рудных месторождений (по А. П. Соловову)

1 — современный элювий и делювий, или древняя кора выветривания; 2 — дальнепринесенные отложения; 3 — рудомещающие породы; 4 — рудные тела и их первичные ореолы рассеяния; 5 — вторичные литогеохимические ореолы рассеяния. Открытые вторичные ореолы рассеяния: I — остаточные, II—III—IV — наложенные. Закрытые вторичные ореолы рассеяния: V — остаточные, VI — остаточные погребенные, VII — наложенные погребенные

**Биогеохимические ореолы.** В золе растений, произрастающих над месторождениями, обычно отмечают повышенные содержания некоторых элементов по сравнению с содержанием их в золе растений за пределами месторождения. В основе этого лежит избирательное поглощение различных химических элементов растениями и микроорганизмами. Среди растений выделяются универсальные растения-индикаторы, такие, как галмейная фиалка и галмейная ярутка, произрастающие только над цинковыми рудами, и локальные растения-индикаторы, указывающие на наличие в почвах тех или иных элементов.

**Атмогеохимические (газовые) ореолы рассеяния** в коренных породах, рыхлых отложениях, в почвах и надпочвенном воздухе образуются в результате миграции элементов в газовой фазе во время формирования месторождения и в процессе его разрушения. Миграция в газовой фазе характерна для ряда элементов высокотемпературных пневматолитовых, пегматитовых,

вулканогенно-экспаляционных месторождений, в составе которых отмечаются легколетучие элементы или их соединения. Газовые ореолы радона, торона и гелия отмечаются над месторождениями радиоактивных элементов. Установлены газовые ореолы ртути на ртутно-сурьмяных и полиметаллических месторождениях. Выходы летучих углеводородов, развивающиеся над месторождениями нефти, газа, угля, горючих сланцев, являются одним из основных поисковых признаков.

Радиоактивные аномалии являются поисковым признаком уранового и ториевого оруденения, так как уран и торий являются основными природными источниками радиоактивности.

Следы деятельности человека по добыче полезных ископаемых являются прямыми поисковыми признаками. К ним относятся древние горные выработки и отвалы горной массы, в которой всегда можно найти остатки полезных минералов или продукты их окисления. Важным поисковым признаком являются следы переработки руд, развалины древних печей и отвалы шлаков. Следы добычи и переработки полезных ископаемых известны в различных районах нашей страны: в Средней Азии, на Урале, Алтае, в Сибири. Древними выработками вскрыты многие месторождения полезных ископаемых, издавна используемых человеком: железа, свинца, цинка, меди, олова, золота, серебра, ртути, слюды, драгоценных камней, угля.

Важные сведения о полезных ископаемых могут дать историко-археологические данные, фондовые, архивные, литературные и фольклорные источники. Заслуживают внимания географические названия на языках местных народов. Например, на тюркских языках слово «кан» означает «руда», отсюда понятен интерес к таким названиям, как «Хайдаркан», «Кан-и-гут», «Кансай».

### Благоприятные геологические обстановки

Под благоприятными геологическими обстановками понимаются природные условия, в которых по тому или иному поисковому критерию или их комплексу возможно нахождение полезного ископаемого.

Геологические поисковые критерии используются обычно совместно, что позволяет проводить на определенных площадях поиски всех полезных ископаемых, характерных для данной территории.

Благоприятные геологические обстановки характеризуются едиными структурно-тектоническими, историко-геологическими и металлогеническими чертами.

В начальный период поисков часто бывает трудно предполагать возможность обнаружения месторождения какого-либо определенного промышленного типа. Поисковые критерии характеризуют возможность нахождения в данной геологической обстановке различных месторождений. Например, в карбонатных толщах, прорванных гипабиссальными интрузиями, развиваются пластообразные

залежи, трубы и гнезда свинцово-цинковых, мышьяковых и железных руд; в грейзенизированных интрузиях средних глубин при наличии кварцевых жил в зоне контактов возможны руды олова и вольфрама; в рыхлых отложениях морских берегов промышленное значение могут иметь россыпи алмазов, рутила, ильменита, монацита, циркона, касситерита.

Выделение благоприятных геологических обстановок необходимо проводить до начала полевых поисковых работ по результатам мелкомасштабных геологических съемок и в процессе производства поисковых работ. Представления о перспективах полезных ископаемых на основании анализа геологических обстановок в различных частях района дают прогнозные карты главным образом масштабов 1 : 200 000 — 1 : 50 000.

Прогнозные карты содержат основные сведения о стратиграфии, магматизме, тектонике, литологических комплексах, данные о полезных ископаемых, геохимических ореолах рассеяния, геофизических аномалиях, т. е. результаты всего комплекса геологических и поисковых работ. Эти карты дают возможность до начала полевых работ предположить возможный комплекс полезных ископаемых, ожидаемые промышленные типы месторождений; выбрать наиболее перспективные участки; определить рациональное сочетание поисковых методов. Все это в конечном счете определяет эффективность поисковых работ.

### 3. МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Развитие методов поисков тесно связано с интенсивным потреблением минерального сырья. До середины XVIII в. рудознаты пользовались примитивными методами поисков, основанными главным образом на визуальных наблюдениях. Конец XVIII и XIX вв. характеризуются бурным развитием промышленности и ростом добычи полезных ископаемых. В это время намечаются научные основы геолого-минералогических методов поисков. В XX в. интенсификация эксплуатации недр продолжает возрастать, что приводит к резкому сокращению возможностей легкого открытия месторождений. А это в свою очередь требует разработки новых методов поисков, позволяющих проникать на большие глубины в земной коре.

Закономерности образования месторождений полезных ископаемых обусловлены многочисленными геологическими факторами, причем роль и значение этих факторов для различных типов месторождений различны. Знание поисковых критериев и признаков и умение применить их на практике является основной задачей поисковика. Многообразие типов полезных ископаемых, поисковых критериев и признаков предопределяет и многообразие поисковых методов, которые можно подразделить на группы:

методы геологической съемки;

геолого-минералогические методы: валунно-ледниковый, обломочно-речной, шлиховой;

геохимические методы: литогеохимические, гидрогеохимические, атмогеохимические, биогеохимические;

геофизические методы: магнитометрические, радиометрические, гравиметрические, сейсмометрические, электрометрические.

По условиям применения методы поисков подразделяются на наземные, воздушные и подводные.

Воздушные методы поисков месторождений ряда полезных ископаемых в последние годы все шире применяются в практике. Эти методы могут быть подразделены на три группы: 1) аэрогеологическая съемка с последующим дешифрированием аэроснимков; 2) аэрогеофизические методы поисков с целью выявления тех или иных геофизических аномалий с последующей их наземной проверкой; 3) рекогносцировочные облеты территории с целью непосредственного визуального обнаружения выходов рудных тел, зон измененных пород и т. п.

В 50-е годы началось освоение дна морей и океанов. Нефтяные месторождения открываются в настоящее время далеко от береговой линии. Каспийское и Северное моря по существу оказались местами месторождений нефти и газа. Многие редкие металлы добываются с шельфовых зон материков. Подводные методы поисков проводятся с применением подводных и надводных установок и с участием геологов-аквалангистов.

В последнее время с развитием космонавтики начинают определяться новые способы поисков из космоса.

Геологическая съемка является одним из главных поисковых методов, так как в основе ее лежат прямые, непосредственные геологические наблюдения местности, в результате которых по поисковым признакам — выходам полезного ископаемого, рудным свалам и обломкам в аллювии — геологи обнаруживают полезные ископаемые. При проведении геологической съемки особое внимание обращается на литологический разрез и контакты горных пород, фиксируются складчатые и разрывные нарушения, зоны измененных пород, особенности магматических проявлений — т. е. все те геологические факторы, которые могут быть критериями поисков разнообразных полезных ископаемых. Анализ геологической карты позволяет выделить участки, перспективные на обнаружение тех или иных полезных ископаемых, определить направление поисковых работ и методы поисков. При комплексных поисках проводятся геологические съемки, в результате которых составляются геологические, геоморфологические, тектонические и другие карты.

При проведении поисков на отдельные полезные ископаемые составляются специализированные геологические карты, структурные, геоморфологические, шлиховые и др., на которых прежде всего находят отражение возможные поисковые критерии и все признаки того или иного полезного ископаемого. Такого типа поисковые работы проводятся на радиоактивные элементы, при поисках россыпных месторождений золота, платины, алмазов, нефтяных и газовых месторождений.

**Геолого-минералогические методы поисков.** В основу минералогических методов поисков положено выявление механического ореола рассеяния месторождений в зоне гипергенеза. Эти методы применяются человеком с древнейших времен. В зависимости от характера механических ореолов выделяются следующие методы поисков: валунно-ледниковый, обломочно-речной, шлиховой.

**Валунно-ледниковый метод** применяется при поисках полезных ископаемых в северных районах (Кольский полуостров, Карелия, Северный Урал), покрытых чехлом ледниковых отложений (ледниковые морены), нередко достигающих мощности 15—20 м и более. В моренах наряду с обломками и валунами горных пород могут попадаться валуны полезного ископаемого или обломки рудовмещающих пород. Площадь ореолов рассеяния рудных валунов колеблется в больших пределах. Известны случаи, когда валуны были унесены от коренного месторождения на 126 км (Швеция).

Сущность метода состоит в отыскании рудных валунов на площади поисков и в нанесении на карту пунктов их обнаружения. По форме ореола рассеяния рудных валунов можно определить направление их перемещения от коренного источника. Обычно она напоминает веер (рис. 13), ориентированный своей широкой частью в направлении движения ледника. Вершина веера указывает на местонахождение коренных рудоносных пород. На этом поиски собственно валунным методом заканчиваются и начинается детальное изучение перспективного участка с помощью геофизических методов, горных выработок и скважин.

**Обломочно-речной метод** заключается в нахождении и прослеживании обломков или галек полезных ископаемых, а также характерных вмещающих пород (скарны, кимберлиты и т. п.) вдоль речной сети. Наблюдения ведутся вверх по течению рек. При приближении к источнику сноса (месторождение или рудопроявление) количество обломков увеличивается, а степень их окатанности уменьшается. С исчезновением галек полезных ископаемых в аллювии поиски направляются вверх по бортам долины. По полученным данным составляется схема обломочного веера (рис. 14) и производится вскрытие коренного источника обломков.

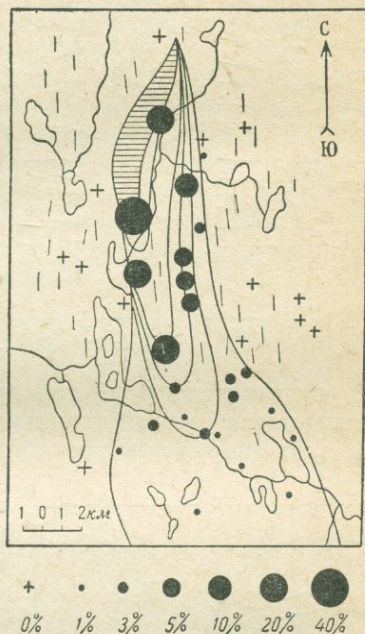


Рис. 13. Изображение валунного веера и результатов подсчета валунов (по Магнусону). Заштрихованы обнажения коренных горных пород. Количество рудных валунов дано в %.

Кроме прослеживания рудных галек по рекам необходимо тщательно изучать свалы у подножия сопок и бортов долин в поисках обломков рудоносных пород.

**Шлиховой метод.** Шлихом называют концентрат тяжелых минералов, получаемый в результате промывки материала пробы

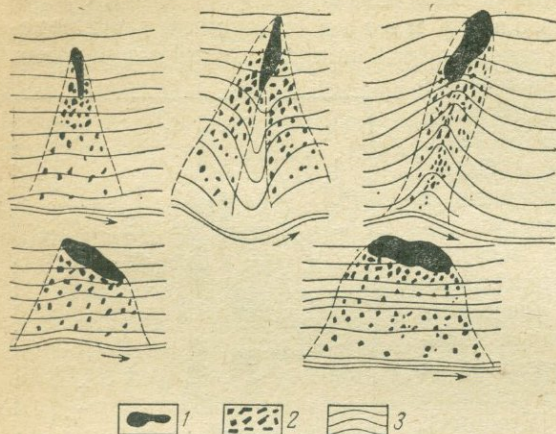


Рис. 14. Схема строения делювиальных ореолов рассеяния в зависимости от положения рудного выхода в рельефе

1 — рудное тело; 2 — ореол рассеяния; 3 — горизонтали рельефа

из рыхлых отложений или дробленных коренных пород. Шлихи характеризуют состав механических ореолов рассеяния, и, следовательно, с их помощью можно определить пути сноса полезных ископаемых и их коренной источник. В шлихах из аллювиально-делювиальных отложений могут находиться различные, в том числе и нестойкие в зоне окисления, минералы, как, например, сульфиды. Обнаружение их указывает на непосредственную близость коренного источника. С помощью шлихового метода производятся поиски коренных месторождений различных металлов и возможно обнаружение россыпных месторождений золота, платины, касситерита, вольфрамита, колумбита, рутила, ильменита, монацита, алмазов и др.

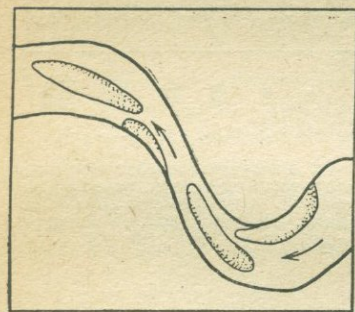


Рис. 15. Схема распределения шлиховых минералов в речных отложениях

Шлиховые пробы должны отбираться в местах максимального скопления тяжелой фракции. Такими местами при опробовании русловых и долинных отложений являются нижние части крутых намывных берегов, участки замедления течения (расширение рек, ниже крутых поворотов, порогов и перекатов).

При отборе шлиховых проб из речных кос необходимо ориентироваться на верхние по течению и возвышенные их части (рис. 15). Пробы нужно брать из закопашек, углубленных до уровня воды. Весьма благоприят-

ными для шлихового опробования являются участки маломощного аллювия, залегающего на коренных породах — плитке. Вес шлиховой пробы — 30—50 кг. При шлиховом опробовании притоков, впадающих в главную водную артерию, необходимо пробы брать не в самом устье этих притоков, а немного выше по течению, в местах, исключаящих возможный привнос аллювиальных отложений главной артерией.

При поисках коренных месторождений шлиховому опробованию подвергаются элювиально-делювиальные отложения бортов долин, особенно в местах выхода измененных пород и разрывных нарушений. Для поисков россыпных месторождений производится шлиховое опробование террас. Пробы берутся послойно. Особое внимание обращается на слои пород, залегающие над глинистыми горизонтами, которые, задерживая перемещение вниз минералов тяжелой фракции, образуют так называемый «ложный плитик». Наиболее представительными являются шлиховые пробы, отобранные из плохо сортированных песчано-гравийных отложений; глины и равномернозернистые пески обычно обеднены шлиховыми минералами. Количество шлиховых проб, или густота сети опробования, зависит от детальности поисков (табл. 1).

Таблица 1  
Густота сети отбора шлиховых проб

Масштаб поисков	Количество проб на 10 км <sup>2</sup>
1 : 2 00 000	От 0,6 до 2,4
1 : 1 00 000	» 2,5 по 10
1 : 50 000	» 10 по 50
1 : 10 000	» 1200 до 2500
1 : 5000	» 2500 до 5000

Анализ шлиха должен производиться непосредственно после промывки пробы и заключается в определении минералов с помощью лупы. Детальный анализ шлихов осуществляется в лаборатории.

Документация шлихового опробования заключается в систематическом ведении записей в шлиховом журнале, куда заносят дату и место взятия пробы, ее номер, краткую, но достаточно полную геоморфологическую характеристику места отбора пробы, характер опробуемых отложений, объем пробы, результаты визуального определения минерального состава шлиха. При необходимости зарисовывается поперечный профиль долины или место взятия пробы и приводятся краткие геологические описания бортов долины.

Камеральная обработка результатов шлихового опробования заключается в составлении шлиховых карт, на которые выносятся все данные лабораторного изучения шлихов. Наиболее распространенные способы нанесения проб — точечный и кружковый. На точечных картах минералы, встреченные в шлихах, указываются индексами. На кружковых картах содержится количественная характе-

ристика минералов шлиха. Суть этого метода заключается в том, что в месте взятия пробы рисуется кружок, который пропорционально количеству минералов шлиха делится на сектора определенной величины. Каждому минералу соответствует условный цвет. Таким образом получается очень наглядная картина качественного и количественного распределения минералов в шлихах (рис. 16). По ассоциациям минералов, встречаемых в шлиховых пробах, можно судить о возможном типе разрушаемого коренного месторождения. Например, шеелит, гранаты, пироксены, везувиян, сульфиды свидетельствуют о наличии скарнового месторождения вольфрама; вольфрамит, касситерит, топаз, турмалин, берилл, шеелит, флюорит характеризуют кварц-касситеритовый тип оруденения.

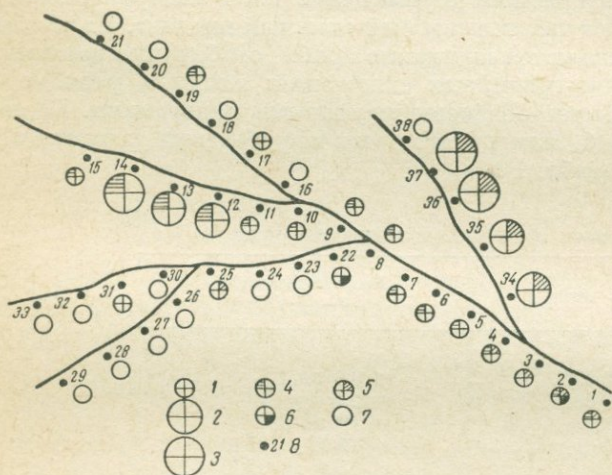


Рис. 16. Круговая шлиховая карта

1 — мало минерала;  
2 — среднее количество минерала; 3 — много минерала; 4 — золото;  
5 — касситерит; 6 — шеелит; 7 — шлиховые минералы отсутствуют;  
8 — место взятия пробы и ее номер

На шлиховые карты обычно выносятся основные геологические контуры и границы, поисковые критерии и признаки. По результатам геоморфологических наблюдений составляются геоморфологическая карта и карта четвертичных отложений. Анализ всех этих материалов позволяет выделить перспективные участки и площади для поисков коренных и россыпных месторождений полезных ископаемых (рис. 17).

Геохимические методы поисков основаны на выявлении геохимических аномалий путем опробования природных образований: коренных пород, рыхлых отложений, золы растений, вод и газов. Различают геохимические поиски по первичным и вторичным ореолам рассеяния. Наибольшее распространение в практике поисковых работ нашли геохимические методы, основанные на изучение вторичных ореолов рассеяния. Разработаны литогеохимические, гидрогеохимические, атмогеохимические и биогеохимические методы поисков.

Литогеохимический метод поисков основан на систематическом опробовании коренных пород и рыхлых отложений. Плотность сети опробования определяется масштабом поисковых работ. В общем случае геохимические профили, как правило,

совпадают с линиями геологических маршрутов, шаг опробования — расстояние между пробами в профилях — также определяется масштабом поисковых работ (табл. 2).

Поиски по первичным ореолам проводятся с целью обнаружения месторождений, залегающих на больших глубинах и не выходящих на дневную поверхность. В основу метода положены теоретические представления о формировании ореола вокруг рудного тела в процессе его образования. При этом методе пробы отбираются из коренных пород. Опробование коренных пород (в обнажениях, горных выработках, по керну скважин) производится методом «пунктирной борозды», суть которого заключается в том, что по всей длине шага через равные расстояния отбираются по нескольку кусочков породы, обязательно со свежими сколами, весом по 30—50 г каждый. Эти кусочки объединяются в общую пробу весом 200—300 г. Аналогичную обобщенную пробу можно получить с определенной площади. Например, если нужно взять пробу с 1 км<sup>2</sup>, то для этого в 10—20 точках, расположенных по линии маршрута и на некотором расстоянии от него, отбираются примерно одинаковые по весу кусочки породы и объединяются в одну пробу.

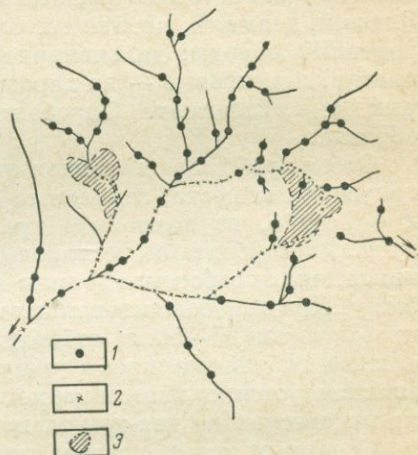


Рис. 17. Выявление участков возможного нахождения коренных месторождений с помощью шлихового опробования аллювия (по Д. В. Воскресскому)

1 — пустые пробы; 2 — пробы, содержащие полезные минералы в шлихах; 3 — площади, к которым приурочены коренные месторождения

В процессе литогеохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния опробуются рыхлые отложения, перекрывающие рудомещающие породы. Обычно геохимические пробы отбираются из гумусового или иллювиального горизонта почвы.

Таблица 2

Густота сети отбора проб при литогеохимических поисках

Масштаб поисков	Расстояние между профилями	Расстояние между пробами (шаг опробования), м	Число проб на 1 км <sup>2</sup>
1: 200 000	2 км	100—50	5—10
1: 100 000	1 »	100—50	10—20
1: 50 000	500 м	50	40
1: 25 000	250 »	50—20	80—250
1: 10 000	100 »	20—10	500—1000
1: 50 00	50 »	20—10	1000—2000
1: 20 00	20 »	10	4000—10 000

Отбор проб при изучении вторичных ореолов производится из специальных копушей или неглубоких шурфов. При этом пробы отбираются из всех горизонтов рыхлых отложений.

Каждая проба на месте взятия пропускается через сито с размером ячейки  $1 \text{ мм}^2$ . Фракция  $+ 1 \text{ мм}^2$  выбрасывается. Оставшееся количество материала должно составлять пробу 200—300 г.

Для поисков по вторичным литогеохимическим ореолам важное значение имеет связь рыхлых отложений с коренными породами. Элювий, делювий, пролювий, аллювий характеризуют близлежащие коренные породы; дальнепринесенные — морские, эоловые, вулканогенные, ледниковые — не характеризуют коренные породы, на которых они залегают. Опробование их, как правило, нецелесообразно.

Отбор проб донных осадков можно вести из растительных остатков, гумусовых веществ, глинистого материала, из гидроокислов железа и марганца, из коллоидов кремнезема и глинозема, являющихся лучшими сорбентами металлов и их соединений. Необходимо помнить, что опробование должно вестись по какому-либо одному сорбенту. При опробовании тонких илисто-глинистых донных отложений пробы весом 25—50 г отбираются в русле водотока, в береговой части. Отобранные пробы высушиваются и получающийся остаток анализируется по известным методикам на комплекс элементов или на интересующие два-три элемента.

Основным видом анализа геохимических проб является приближенно-количественный спектральный анализ, обеспечивающий определение широкого комплекса элементов с достаточно высокой чувствительностью и точностью.

На широкий комплекс элементов (17—30) анализируются геохимические пробы региональных и мелкомасштабных поисковых работ. При детальных поисковых работах основная масса проб анализируется на меньшее количество элементов, которые характеризуют предполагаемое полезное ископаемое.

Результаты геохимического опробования коренных пород по единичным профилям (при мелкомасштабных работах), по отдельным буровым скважинам или обнажениям отображаются в виде графиков распределений, на которые наносятся абсолютные значения содержаний химических элементов. При наличии нескольких геохимических пересечений, позволяющих очертить участки близких концентраций элементов, данные геохимического опробования изображаются в виде планов поверхности, погоризонтных планов и разрезов (рис. 18). Распределение элементов показывается линиями, объединяющими пробы с одинаковым содержанием элементов (линии изоцентраций).

**Гидрогеохимический метод.** Наиболее успешно гидрогеохимический метод применяется для поисков сульфидных месторождений, руды которых при окислении образуют легкорастворимые сульфатные соединения. Широко этот метод применяется также при поисках радиоактивных руд.

Гидрогеохимический метод может быть использован при мощных наносах и на площадях, перекрытых дальнепринесенными отложениями, в залесенных, заболоченных и труднодоступных горных районах. Он обладает большой глубиной в связи с тем, что подземные воды проникают в глубокопромываемые рудоносные структуры. Значительная протяженность водных ореолов рассеяния определяет относительно небольшое количество проб, необходимое для их обнаружения, так как каждая водная проба характеризует весьма значительный по площади участок поисков.

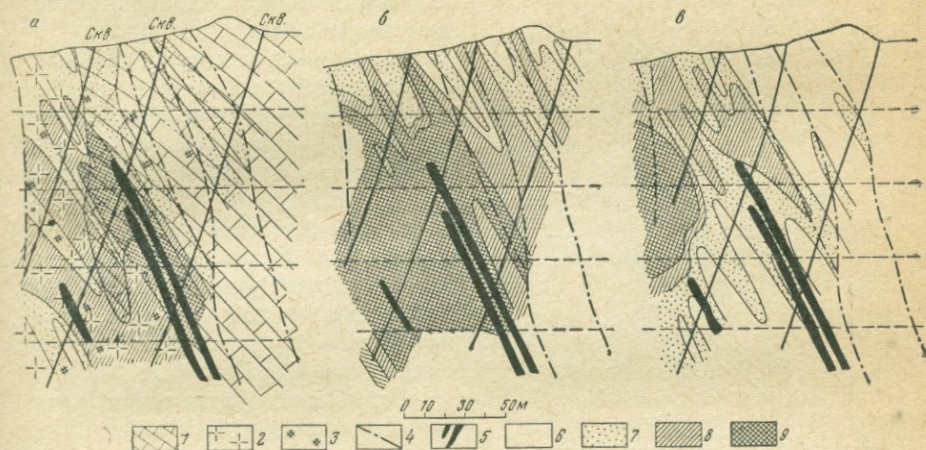


Рис. 18. Эндогенные геохимические ореолы свинца (а), цинка (б), мышьяка (в) вокруг свинцово-цинковых рудных тел  
 1 — известняки; 2 — гранодиориты; 3 — скарпированные породы; 4 — тектонические нарушения; 5 — рудные тела  
 Содержания элементов (в %): 6 — менее 0,01; 7 — от 0,01 до 0,03; 8 — от 0,03 до 0,3; 9 — более 0,3

Плотность сети опробования в общем случае определяется масштабом производимых поисковых работ (табл. 3).

Опробование водопроявлений производится по заранее намеченным профилям, соответствующим маршрутам геологической съемки, и производится с таким расчетом, чтобы охарактеризовать все

Таблица 3  
 Густота сети отбора проб при гидрогеохимических поисках

Масштаб поисков	Количество водных проб на 1 км <sup>2</sup>
1 : 200000	0,09—0,2
1 : 100000	0,3—0,6
1 : 50 000	0,7—1,6
1 : 25 000	1,8—3,6

перспективные на обнаружение полезных ископаемых комплексы горных пород и зоны разрывных тектонических нарушений.

Пробы отбираются из источников и колодцев, а также поверхностных водотоков. Объем пробы составляет 1 л. При детальном геологопоисковых работах масштаба 1 : 10 000 и крупнее в пределах выделенных перспективных участков гидрогеохимические исследования помогают обнаруживать скрытые рудные тела. При этих работах проводится детальное опробование всех водопроявлений, включая поисково-разведочные скважины и все обводненные горные выработки.

В полевых условиях на месте отбора пробы с помощью переносных портативных гидрогеохимических лабораторий определяются содержание микрокомпонентов ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ), щелочи, сумма металлов ( $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$ ) и pH воды. В лабораторных условиях производится дополнительный химический анализ проб, получение сухого остатка для спектрального анализа.

Обработка результатов гидрогеохимических исследований заключается в составлении гидрогеохимических карт.

Почвенно-гидрохимический метод заключается в определении химических элементов в водных вытяжках из почв. Для этого пробы отбираются из почвы с глубины 20—30 см весом 200—300 г.

Атмогеохимический метод поисков основан на выявлении газовых аномалий родона, гелия, торона, углеводородов в почве, надпочвенном воздухе и в подземных выработках. Он применяется при поисках нефти, газа, ископаемых углей, ртути (газовый метод) и радиоактивных руд (эманационный метод). Достоинствами метода являются определенность связей газовых выделений или радиоактивных эманаций с их источником и возможность применения этого метода в закрытых районах, при значительной мощности дальнеприносных отложений, на каменистых склонах и осыпях. Отбор проб почвенного воздуха производится специальным зондом с глубины 0,5—1 м или в скважинах при помощи пробоотборников. Газовые пробы хранятся в герметически закрытых сосудах. При эманационной съемке пробы анализируются на месте отбора эманометрами (ЭМ-6П). Пробы летучих углеводородов исследуются в полевых условиях и в лабораториях. Данные опробования выносятся на геоло-

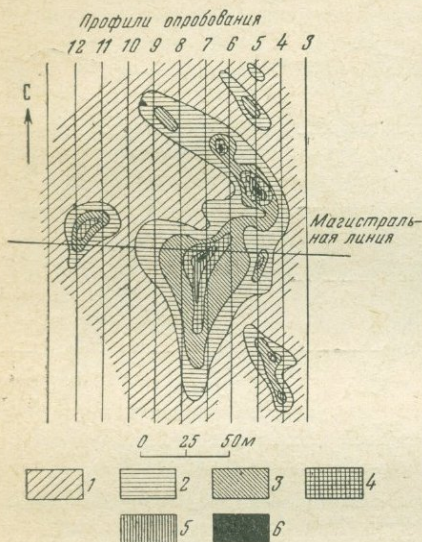


Рис. 19. Карта эманационной съемки  
Интенсивность (в эманак): 1 — до 10;  
2 — от 10 до 20; 3 — от 20 до 40; 4 — от 40  
до 60; 5 — от 60 до 80; 6 — от 80 до 100

логические или специальные поисковые карты, например карты эманационной съемки (рис. 19).

Биогеохимический метод поисков основан на выявлении вторичных ореолов рассеяния в растениях.

Основным достоинством биогеохимического метода является его глубинность — т. е. возможность обнаружения рудных тел, перекрытых наносами мощностью до 30 м. Метод может применяться при поисках полезных ископаемых в пустынных, лесистых, заболоченных районах, в областях недавнего оледенения.

При постановке производственных биогеохимических исследований особое значение имеет выбор растений для опробования. Для новых районов комплекс растений устанавливается опытными методическими работами; для районов известных — по аналогии с ранее проведенными исследованиями. При этом должно быть выяснено, какие части растений — корни, ветви, листья — являются концентраторами элементов-индикаторов.

С целью получения наиболее надежных результатов на каждом пункте опробования отбираются пробы растений двух-трех видов. Вес пробы определяется в зависимости от применяемых аналитических методов.

Подготовка биогеохимических проб к анализу заключается в сжигании растений в герметических печах при минимальной температуре во избежание потерь легколетучих элементов. Анализ золы растений производится спектральными или химическими методами. Результаты анализов представляются в виде графиков в случае, если исследования проводились по отдельным разобленным профилям (рис. 20). Поисковое значение имеет не только абсолютная величина содержания тех или иных элементов, но и величина их отношений. Например, на одном из месторождений редкометалльных пегматитов соотношение бериллия к литию в золе изменялось по мере приближения к рудному телу от 1 : 12 до 1 : 50. При площадных исследованиях данные анализов выносятся на геологическую карту, на которой выделяются биогеохимические аномалии. В отдельных случаях для поисков нефти используется присутствие в ней бактерий, окисляющих

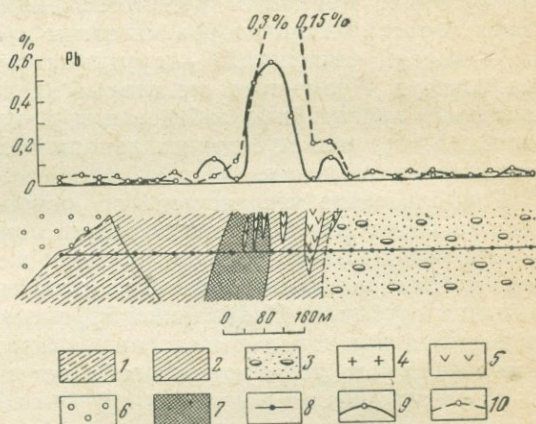


Рис. 20. Биогеохимический профиль через полиметаллическое месторождение (по Л. И. Грабовской) 1 — песчано-глинистые сланцы и роговики; 2 — осветленные песчано-глинистые сланцы; 3 — песчаники и конгломераты; 4 — гранит-порфиры; 5 — лампрофиры; 6 — аллювий; 7 — оруденелая тектоническая зона; 8 — пункты опробования березы; 9 — содержание свинца в листьях; 10 — содержание свинца в ветвях

углеводороды. Этот пока еще мало распространенный метод называется бактериальным.

Геоботанический метод поисков основан на использовании растений-индикаторов, произрастающих на почвах, обогащенных соответствующими химическими элементами. Так, галмейная фиалка и галмейная ярутка находятся на почвах с повышенным содержанием цинка, что может указывать на наличие в непосредственной близости повышенных концентраций цинка и, следовательно, на возможность обнаружения цинковых рудопроявлений в минеральных формах. Среди растений-индикаторов известны представители «медной» флоры — качим, «никелевой» — грудница татарская, грудница мохнатая, анемон. Кроме того, некоторые элементы (уран, молибден, бор) вызывают характерные заболевания и морфологические изменения растений, что может служить дополнительным признаком при геоботанических поисках.

**Геофизические методы поисков** основаны на изучении физических свойств горных пород и полезных ископаемых.

Эти методы имеют большое значение для поисков месторождений, перекрытых мощными рыхлыми отложениями и залегающих на больших глубинах. Наибольшей эффективности геофизические методы достигли при поисках месторождений нефти и газа, радиоактивных и железных руд, угля, колчеданных руд и подземных вод.

Магнитометрический метод заключается в определении магнитного поля на поисковом участке. По способности к намагничиванию магнитной восприимчивости ( $\kappa$ ) — все вещества делятся на диамагнитные ( $\kappa < 0$ ) и парамагнитные ( $\kappa > 0$ ). Вещества с высокой магнитной восприимчивостью называются ферромагнитными. Диамагнитными свойствами обладают кварц, кальцит, барит, флюорит, соль, гипс, ангидрит, мрамор. К парамагнитным относятся породы, содержащие в своем составе магнетит, титаномагнетит, гематит, пирротин.

Для производства магнитных измерений разработана высококачественная отечественная аппаратура — наземные магнитометры — М-18, М-20, М-23, М-27; аэромагнитометры — АСГ-48, АММ-13, АЯМ-6 и др.

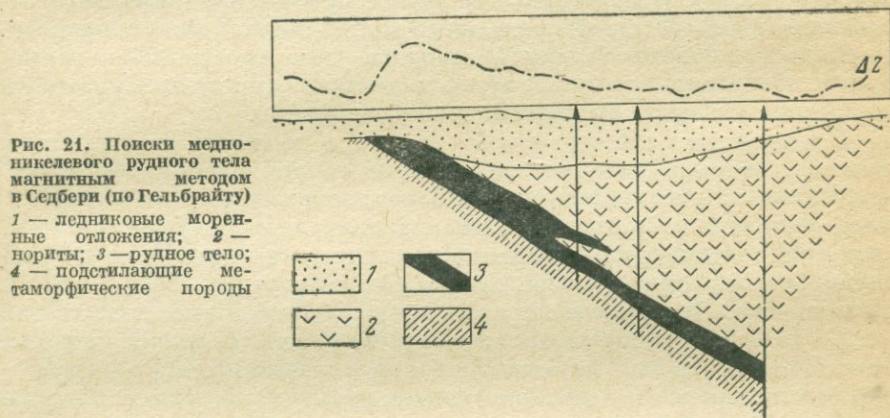
При поисках месторождений магнитных железных руд, цветных и редких металлов, приуроченных к зонам разломов и контактам интрузивных пород, и для выявления складчатых структур, перспективных для поисков месторождений нефти и газа, применяется аэромагнитная съемка.

При производстве магнитной съемки с самолета обязательно предусматривается некоторый объем наземных детализационных работ. В задачу последних при поисках рудных месторождений входят изучение структурной обстановки, прослеживание отдельных массивов, даек, жил, разрывных нарушений и других структурных элементов, контролирующих оруденение. Особую помощь детальные магнитометрические работы могут оказать при поисках россыпных месторождений рутила, циркона, монацита, золота, платины, если

в них имеются ферромагнитные минералы. Наиболее благоприятными являются россыпи, залегающие на плотике, представленном немагнитными породами.

На рис. 21 представлен график, показывающий характер изменения вертикальной составляющей напряженности магнитного поля над сульфидными медно-никелевыми рудами. Повышенная магнитность рудного тела объясняется наличием в руде пирротина, обладающего ферромагнитными свойствами.

Радиометрический метод является ведущим для поисков радиоактивных руд и оказывает существенную помощь в



решении общих вопросов геологического строения и поисков месторождений других полезных ископаемых. Метод основан на определении радиоактивности природных образований. Под радиоактивностью понимается свойство ядер атомов приходить в относительно устойчивое энергетическое состояние с выделением элементарных частиц. Такой процесс, происходящий в элементах самопроизвольно, вызывает естественную радиоактивность, а под воздействием внешних возбудителей, например нейтронов, — искусственную, или наведенную, радиоактивность. В геологической практике широко применяются методы измерения естественной и искусственной радиоактивности. Известно более 230 радиоактивных изотопов элементов. К ним относятся изотопы таких тяжелых элементов, как уран, радий, торий, актиний, и ряда легких элементов — калия, рубидия, цезия, индия, олова, теллура. Радиоактивность пород выражается в альфа-, бета- и гамма-излучении.

Наиболее широкое распространение получили методы поисков, основанные на измерении гамма- и бета-излучения. Существуют следующие модификации этого метода: аэрогамма-съемка (измерения ведутся станцией АСГ-48), автогамма-съемка и пешеходные гамма- и гамма-бета-съемки (измерения ведутся полевыми радиометрами РА-69 и СРП-2 «Кристалл»). Широко распространен эманационный метод поисков радиоактивных руд.

Аэрогамма-съемка применяется для непосредственных поисков месторождений радиоактивных элементов и оценки радиоактивности пород на значительных площадях. Основное преимущество этого способа заключается в его высокой производительности, экономичности и эффективности в обнаружении крупных месторождений. Возможность выявления аномалий определяется высотой полета, расстоянием между маршрутами и чувствительностью гамма-радиометра. Детальные поиски на участках аномалий аэрогамма-съемки осуществляется наземными методами.

Автогамма-съемка успешно применяется в степных, лесостепных, полупустынных и предгорных районах при мощности рыхлых отложений до 3—5 м. Пешеходная гамма-съемка может производиться с любой необходимой степенью детальности. Как гамма-метод, так и эманационный метод позволяют определить урановую или ториевую природу радиоактивной аномалии.

Гравиметрический метод основан на изучении поля тяготения на поверхности земли, аномалии которого обусловлены различной плотностью горных пород, зависящий от их минерального состава и пористости. Плотность измеряется в граммах на кубический сантиметр и колеблется в значительных пределах. Наименьшую плотность имеют песок, почвы, каменные угли — менее 2 г/см<sup>3</sup>. Большинство жильных минералов, слюда, бокситы имеют плотность от 2,5 до 3 г/см<sup>3</sup>; карбонаты железа и марганца, флюорит, лимонит имеют плотность от 3 до 4 г/см<sup>3</sup>; богатые железные, пирротиновые, медноколчеданные и некоторые другие руды имеют плотность выше 4 г/см<sup>3</sup>. Метаморфические, средние и кислые изверженные породы обладают плотностью от 2,5 до 3 г/см<sup>3</sup>; основные и ультраосновные породы, железистые кварциты относятся к породам повышенной плотности — от 3 до 4 г/см<sup>3</sup>.

Поисковое значение гравиметрических работ заключается в выявлении крупных структур, благоприятных для локализации залежей нефти и газа. При крупномасштабных гравиметрических исследованиях успешно решается вопрос поисков железных, хромитовых, медно-никелевых руд и некоторых других месторождений. Из неметаллических полезных ископаемых гравиметрия помогает искать уголь и соли. С помощью гравиметрии в Прикаспийской впадине были обнаружены сотни соляных куполов, что во много раз ускорило и удешевило поиски солей.

Сейсмометрический метод основан на изучении скорости распространения и времени пробега в земной коре продольных упругих волн, вызываемых взрывами в скважинах. Скорость распространения волн в горных породах зависит от физических свойств этих пород и глубины их залегания. Наибольшая скорость распространения сейсмических волн характерна для изверженных пород, несколько меньшая — для карбонатных и песчано-глинистых и самая низкая — для рыхлых отложений. Регистрация сейсмических колебаний производится сейсмическими станциями 1-24-КМПВ-ОВ, 1-72-МОВ-ОВ, 1-24-РПП, СЭФ-24 и др.

Наибольшее значение сейсмический метод имеет для поисков нефтяных и газовых месторождений, позволяя обнаруживать нефтегазоносные структуры на большой глубине. Детальные исследования дают возможность определить размеры этих структур и помогают ориентировать расположение глубоких скважин.

Широкое применение сейсмометрические исследования находят при изучении глубинного строения районов поисков, в которых отмечаются резко отличные по упругим свойствам горные породы и полезные ископаемые. Это прежде всего относится к угольным и соляным месторождениям. В Донбассе с помощью геофизических методов (сейсмометрия, гравиметрия, ВЭЗ) успешно определяется глубина залегания каменноугольных отложений. При изучении солянокупольных структур Эмбенского района сейсмометрические методы позволили определить незначительные поднятия, которые были пропущены при производстве гравиметрических работ.

Электрометрические методы основаны на различной электропроводности горных пород и руд. В геофизической практике пользуются понятием удельного сопротивления, измеряемого в омметрах. Горные породы обычно имеют очень высокое сопротивление. В то же время сульфиды (пирит, галенит, халькопирит) некоторые окислы металлов (магнетит, касситерит, манганит), угли и графит хорошо проводят электрический ток.

В связи с возможностью изучения естественных и искусственных электромагнитных полей, возникающих в горных породах под воздействием источников постоянного или переменного тока, имеется большое число модификаций электрометрических методов.

Измерение электрических полей производится компенсационными приборами типа ЭП, ЭСК, КСР, ИКС и полевыми станциями-лабораториями. Разработана аппаратура для производства электрометрических работ с самолетов (станция БДК). При региональных геофизических исследованиях рудоносных областей с помощью электрометрических методов изучаются верхние горизонты земной коры, уточняется общая структура района, определяется мощность рыхлых отложений, выявляются аномалии над рудными телами и линзами пресной воды, скрытыми под наносами.

В задачу детальных электроразведочных работ входят поиски новых и уточнение контуров и элементов залегания известных рудных тел, прослеживание рудоконтролирующих разломов. При детальных работах в пределах рудных полей и месторождений широко применяются методы естественного поля, заряженного тела, вызванной поляризации, радиопросвечивания, вертикального электрического зондирования, электропрофилирования и др.

Метод естественного поля основан на изучении электрических полей, возникающих вблизи контакта горных пород и залежей полезных ископаемых, водоносных пластов и т. д. Метод успешно применяется при поисках сульфидных месторождений, некоторых типов углей и графита.

Метод вызванной поляризации основан на измерении разности потенциалов, возникающей в результате поляризации электронно-проводящих объектов под воздействием кратковременных импульсов внешних источников тока. Метод предназначается для поисков сплошных и вкрапленных рудных тел, сложенных минералами, хорошо проводящими электрический ток.

Метод заряженного тела применяется для прослеживания рудных тел, вскрытых хотя бы в одной точке.

### Комплексы поисковых методов

Под комплексом поисковых работ понимается такое сочетание поисковых методов, которое обеспечивает максимальную эффективность выявления месторождения полезных ископаемых в районе.

Рациональное комплексирование поисковых методов определяется задачами поисковых работ по этапам и стадиям, природными условиями ведения работ и ожидаемым комплексом полезных ископаемых.

Поиски полезных ископаемых в Советском Союзе осуществляются по двум основным направлениям: в процессе планомерного геологического картирования, сопровождаемого комплексами поисковых работ, и в процессе специализированных поисков на отдельные виды минерального сырья: нефти, алмазов, золота, руд редких, рассеянных и радиоактивных элементов, химического сырья.

При мелкомасштабных геологических съемках ведущее место принадлежит геолого-минералогическим методам — обломочно-речному, валунно-ледниковому и особенно шлиховому в комплексе с мелкомасштабными геофизическими съемками — аэромагнитметрической, гравиметрической, сейсмометрической. Геохимические методы применяются в ограниченных объемах с целью определения общих перспектив района на обнаружение полезных ископаемых и выделения наиболее перспективных участков для постановки детальных поисков. Отбор литогеохимических и биогеохимических проб производится только по маршрутам геологических съемок. Пробы донных осадков и шлиховые отбираются только по гидрографической сети; гидрогеохимическому опробованию подвергаются поверхностные водотоки и источники.

При детальных поисках наряду с геолого-минералогическими широко используются геохимические и геофизические методы. Все виды работ носят площадной характер. Шлиховому опробованию подвергаются дельювиальные отложения бортов долин, в которых по геологическим предпосылкам возможно обнаружение полезных ископаемых. Геохимические пробы отбираются по определенной сети, соответствующей масштабу поисков. Причем при необходимости опробуются не только естественные обнажения и водотоки, но и искусственные — копуши и неглубокие шурфы при литогеохимических исследованиях, подземные воды в шурфах, скважинах, горных выработках при гидрогеохимических работах. Комплекс геофизических методов определяется видами полезных ископаемых. Например, для поисков угольных месторождений применяются сейсмометрия,

гравиметрия, ВЭЗ; для поисков железорудных месторождений — магнитометрический и гравиметрический методы. При поисках сульфидных, медноколчеданных и полиметаллических месторождений используются электрометрические методы.

**Комплексы поисковых методов в зависимости от природных условий ведения работ.** Физико-географические условия (ландшафты) имеют большое значение при выборе поисковых комплексов. Понятно, например, что в областях сплошного развития мощных четвертичных отложений в закрытых районах применение визуальных геолого-минералогических методов практически невозможно. Здесь существенную помощь при поисках различных полезных ископаемых могут оказать геофизические методы в комплексе с геохимическими.

В любых случаях наиболее благоприятными для поисков являются так называемые открытые, или «обнаженные», районы. Возможность поисков в открытых районах определяется резкостью и глубиной расчленения рельефа.

В районах с высокогорным, сильно расчлененным альпийским рельефом (с относительными превышениями до 2000—3000 м), где преобладает физическое выветривание, наиболее эффективно применение обломочного, шлихового, гидрогеохимического метода и метода донных осадков.

В районах со среднегорными формами рельефа (относительные отметки редко превышают 1000 м), где существенную роль в выветривании пород и руд играют окислительно-восстановительные процессы, широко развиваются механические, литогеохимические ореолы, потоки рассеяния, гидрогеохимические ореолы. В этих условиях, как правило, применимы все методы поисков.

Равнинные районы, плато, области мелкосопочника, характеризующиеся развитием мощных рыхлых отложений, интенсивной растительности, малоблагоприятны для поисковых работ. В этих условиях наиболее эффективным является комплексирование геохимических и геофизических методов и особенно аэрометодов. При постановке геохимических методов необходимо учитывать мощность и генетическую природу рыхлых отложений.

При поисках месторождений полезных ископаемых в районах, перекрытых водой (морские россыпи, нефтяные месторождения), применяются геофизические аэрометоды в комплексе с геолого-минералогическими с применением оборудования, позволяющего вести наблюдения в водной среде.

**Комплексы поисковых методов в зависимости от вида полезного ископаемого.** Выбор поисковых методов определяется геологическими условиями локализации и формой месторождения, вещественным составом, физическими и химическими свойствами полезного ископаемого и вмещающих пород. С развитием теоретических научных основ поисков и техническим совершенствованием аппаратуры меняются возможности того или иного поискового метода. Некоторое представление о комплексах поисковых методов в зависимости от вида полезного ископаемого можно получить из табл. 4.

## Рациональные комплексы поисковых методов

Полезное ископаемое	Методы поисков							
	Визуальные и геологиче- ские	Шликовые	Геохимиче- ские	Геофизические				
				Магнито- метрия	Радио- метрия	Электро- метрия	Грави- метрия	Сейсмо- метрия
Железо	××		×	××		×	××	×
Марганец	××		×	×		×		
Титан	×	××	×	××		×	×	
Хром	×	×	×	××		×	×	
Медь	××	×	××	×		××	××	
Свинец, цинк	××		××	××		××	××	
Никель, кобальт	××		×	×		××	×	
Олово	×	××	×	×	×	×		
Вольфрам	×	××	××	×		×		
Молибден	×	××	××	×		×		
Сурьма	×		×			×		
Ртуть	×	××	××					
Бериллий	×	××	××					
Редкие земли	×	××	××		××			
Золото	×	××	×	×	××			
Уран	×		××	×	××	×		
Торий	×	××	×	×	××	×		
Нефть	×		××	×			×	××

× — вспомогательные методы; × × — ведущие поисковые методы.

**Особенности поисков месторождений, не выходящих на дневную поверхность.** Выделяются три основных типа месторождений, не выходящих на дневную поверхность:

- 1) месторождения, залегающие в коренных породах, еще не вскрытые эрозией;
- 2) месторождения, вскрытые эрозией в прошедшие геологические эпохи и перекрытые коренными породами иного возраста;
- 3) месторождения, вскрытые эрозией и перекрытые чехлом рыхлых отложений.

При поисках скрытых месторождений особое значение имеют геофизические методы, с помощью которых определяется общее геологическое строение района и выявляются залежи полезных ископаемых. Существенную помощь при поисках скрытых месторождений оказывают геохимические методы, особенно по литогеохимическим ореолам рассеяния. Особенность производства поисковых работ в этом случае заключается в том, что геохимические пробы отбираются непосредственно из скважин или с помощью специальных установок (СВА-2, СУГП-10), обеспечивающих отбор геохимической пробы на забое. Гидропогружатель СУГП-10 позволяет проходить шпуров глубиной до 24 м с одновременным автоматическим измерением гамма-активности пород. Глубинные литогеохимические поиски обычно

проводятся в районах, перспективность которых на обнаружение того или иного вида полезных ископаемых установлена по данным ранее проведенных геологических, геофизических и геохимических работ.

В ряде случаев при благоприятных условиях развития вторичных литогеохимических ореолов возможно эффективное применение литогеохимической съемки с отбором проб из неглубоких (до 1 м) колушей. На Южном Урале при поисках медноколчеданного оруденения таким образом были выявлены вторичные ореолы рассеяния при мощности рыхлых отложений до 30 м.

Интерпретация данных поисковых работ заключается в тщательном анализе всех имеющихся поисковых предпосылок и признаков на основе геологических карт. В СССР накоплен значительный опыт поисков скрытых месторождений. Крупное медно-никелевое оруденение в районе Норильска, месторождения железных руд КМА и в Казахстане, бокситовые месторождения Северо-Онежского бассейна, слюдоносные пегматиты Кольского полуострова, нефтяные и газовые месторождения Тюменской области и многие другие не имели выходов на дневную поверхность и были открыты при помощи комплексов геофизических и геохимических методов.

**Составление сводных материалов поисковых работ и написание отчета.** Заключительным этапом обработки результатов поисковых работ является составление сводной поисковой карты, на которую по возможности должны быть вынесены все данные полевых наблюдений и результаты анализов поисковых проб. Если поисковые методы применяются в значительных объемах, поисковые карты составляются по каждому методу (геофизические, геохимические, шлиховые карты). К этим картам обязательно должны быть приложены карты фактического материала, на которые выносятся все точки наблюдения поисковых работ, расположение пунктов опробования рыхлых отложений, водных источников, структурно-поисковых выработок.

Анализ данных геологической съемки, наличие полезных ископаемых в районе и обобщенные результаты поисковых работ являются основой выделения перспективных участков для постановки более детальных поисковых и поисково-разведочных работ.

В тексте отчета обязательно указываются исполнители, объемы и сроки выполнения полевых и камеральных работ, условия производства, методика исследований, результаты, практические рекомендации и выводы. В текстовых приложениях к отчету должны содержаться результаты анализов поисковых проб и необходимые описания справочного характера.

## ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Поисково-разведочные работы завершают этап поисков месторождений полезных ископаемых на определенной территории. Они проводятся для того, чтобы из всех выявленных участков минеральных проявлений выбрать такие, которые могли бы рассматриваться как месторождения. С другой стороны, на стадии поисково-разведочных работ должны быть отбракованы те проявления полезных ископаемых и участки, которые явно не имеют промышленной ценности.

В стадию поисково-разведочных работ выполняются: геологическая съемка масштаба от 1 : 25 000 до 1 : 1000 в зависимости от размеров и характера объекта исследования; крупномасштабные площадные или локальные поисковые работы с применением геохимических, минералогических, геофизических методов исследования; в минимальных объемах поисково-разведочные горные выработки и буровые скважины с соответствующим опробованием; гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения.

### 1. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ПОИСКОВО-СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ

Крупномасштабные геологические съемки в районах большинства твердых полезных ископаемых выполняются преимущественно в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5000. Съемки месторождений нефти и газа, каменных углей, фосфоритов и некоторых других полезных ископаемых, занимающих обширные площади, выполняются в масштабе 1 : 25 000. Крупномасштабные съемки (1 : 10 000) охватывают рудные поля площадью от 10 до 100 км<sup>2</sup>. Для некоторых небольших и сложных месторождений уже в стадию поисково-разведочных работ составляются геологические карты масштаба 1 : 2000 и иногда 1 : 1000. Перспективные участки рудного поля, заснятые в масштабе 1 : 10 000, должны быть изучены в более крупном масштабе.

Крупномасштабная геологическая съемка должна завершаться к моменту окончания поисково-разведочных работ, чтобы ею можно было воспользоваться для прогнозирования распространения выявленных месторождений по площади и на глубину с целью их предварительной разведки.

Для составления крупномасштабной карты особенно большое значение имеет изучение геологической структуры исследуемой площади. Понимание структуры позволяет выявить закономерности размещения тел полезных ископаемых в ее пределах и установить границы рудного поля или месторождения, выявленного в процессе поисково-разведочных работ.

Структуры месторождений полезных ископаемых разнообразны, но все они подразделяются на две большие группы: складчатые и разрывные. Под структурой рудного поля подразумевается совокупность структурных элементов, влияющих на размещение и морфологический тип месторождений. Под структурой месторождения понимается совокупность структурных элементов, определяющих форму месторождения и распределение тел полезного ископаемого в его пределах.

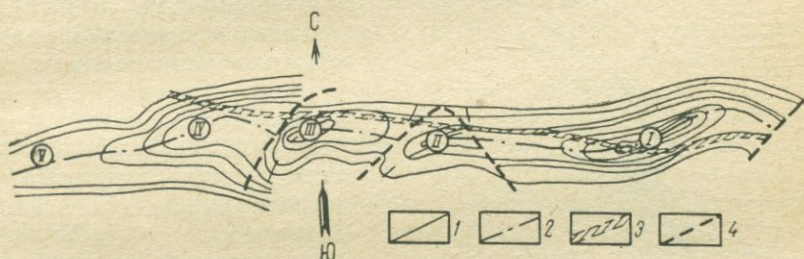


Рис. 22. Тектоническая схема Никитовского рудного месторождения

1 — контуры свит; 2 — осевая линия складки; 3 — жила «Секущая»; 4 — разрывные нарушения. I — Чегоринский купол, II — купол Новый, III — Софийский купол, IV — Купол «Катушка», V — Чернокурганский купол

Выяснение структуры рудного поля дает возможность наиболее эффективно выявить выходы месторождений на поверхность и наметить участки возможного местонахождения скрытых на глубине тел полезного ископаемого. При изучении рудных полей, приуроченных к складкам вмещающих толщ, главной целью является установление таких структурных элементов складок, которые контролируют размещение рудных тел: куполов в тех случаях, когда залежи приурочены к ним; перегибов крыльев, если рудные тела образуются в местах таких перегибов (рис. 22). Рудные поля, в которых размещение месторождений подчинено трещинным структурам, должны изучаться с таким расчетом, чтобы можно было определять рудоконтролирующие трещины среди их массы, не связанной с расположением рудных скопленений. Многие наблюдения показывают, что эндогенные рудные месторождения редко находятся в полостях крупных разломов; они чаще приурочены к оперяющим трещинам. Месторождения в пределах трещинной структуры рудного поля часто находятся в искривленных разрывных нарушениях, в пересечениях трещинами контактов различных горных пород (рис. 23). Рудная минерализация в осадочных толщах часто приурочена к наиболее трещиноватым горизонтам.

Большинство экзогенных месторождений, принадлежащих к осадочным образованиям, обладает структурами вмещающих толщ и поэтому структурные особенности последних целиком относятся к пластам полезного ископаемого. Все нарушения первоначальной структуры рудоносной толщи или угольной свиты равным образом касаются как пластов полезного ископаемого, так и слоев пустых пород. Те и другие могут оказаться смятыми в складки или смещенными по сбросам, но при этом их взаимное положение в каждом не-

нарушенном блоке остается таким же, каким оно было до тектонических нарушений.

Месторождения коры выветривания и многочисленные россыпи, т. е. месторождения, связанные с формированием современного или древнего рельефа земной поверхности, обладают структурами, обусловленными этим рельефом и процессами, протекающими на земной поверхности соответственно климатическим особенностям различных географических зон. Главными задачами при изучении структур таких месторождений являются геоморфологические и физико-географические исследования.

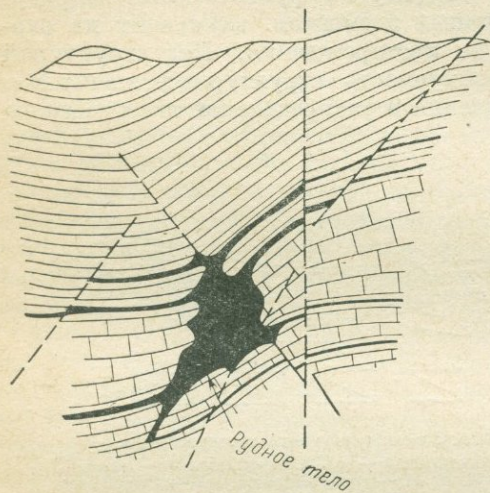


Рис. 23. Скопление серебряно-свинцовых руд Екатерино-Благodatского месторождения в участке пересечения рудоносных трещин в известняках (по Т. М. Вировлянскому)

Некоторые практические приемы структурных наблюдений. Характер структурных наблюдений находится в прямой зависимости от типа структуры рудного поля или месторождения.

Наблюдения над складчатыми структурами рудного поля или месторождения возможны обычно в отношении складок, которые выявляются путем прослеживания маркирующих горизонтов в пределах участка исследования. Такие складки и являются основными элементами структуры рудного поля или месторождения. Наблюдения складок возможны в естественных и искусственных обнажениях. При этом отмечаются положение осевой плоскости и ориентировка оси складки, а также амплитуды складчатых изгибов. Внимательно должны наблюдаться складки волочения, важные для понимания локализации некоторых эндогенных образований. Все виды микроскладчатых деформаций должны быть рассмотрены и зафиксированы. Следует различать признаки формирования мелкой складчатости путем скольжения с изгибом слоев и скалыванием частей изгибаю-

щегося слоя. При скольжении с изгибом часто образуются полости или брекчированные участки, благоприятные для рудоотложения.

Для строгого исследования складчатых структур практикуется отбор ориентированных образцов, которые подвергаются микроструктурному анализу. Ориентированные образцы берутся так, чтобы одна из плоскостей образца совпадала со слоистостью или сланцеватостью. На выбранной плоскости такого образца вычерчиваются стрелки, указывающие азимут ее простираения и угол падения. При описании образца тщательно фиксируются соотношения в пространстве элементов складки и плоскостей сланцеватости.

Надвиги, сбросы, сдвиги и другие разрывные нарушения со значительными смещениями часто оказывают решающее влияние на распределение полезных минералов в пределах месторождения и поэтому подлежат всестороннему изучению. Основные наблюдения за разрывными нарушениями преследуют цели:

а) определение относительного возраста тектонических движений по смещенным жилам, дайкам и другим структурным элементам, для чего строятся геологические разрезы в различных направлениях;

б) определение амплитуды перемещений в различных частях нарушения путем непосредственных замеров и на основании геологических разрезов;

в) выяснение последовательности движений и этапов тектонического процесса путем изучения особенностей состава и структур минеральных образований в зоне нарушения;

г) определение направления движения вдоль надвигов и сбросов путем тщательных замеров и последующего анализа элементов залегания трещин, сопряженных с надвигами и сбросами, и на основании исследований ориентированных образцов (шлифов) под микроскопом;

д) выяснение роли трещин в процессе рудообразования с выделением рудоподводящих и рудовмещающих трещин посредством изучения вещественного состава и изменений как минеральных образований заполняющих трещины, так и вмещающих горных пород.

При наблюдениях трещинных систем должны учитываться особенности среды, в которой развилась эта система, и прежде всего изотропна ли среда, как в случае массива изверженной породы, или анизотропна, как в слоистой толще осадочных пород. Следует иметь в виду, что тектонические движения нередко возобновляются по старым трещинам и перемещения по ним совершаются даже в противоположных направлениях по сравнению с движениями прошлого.

Многообразие в пространственной ориентировке и в происхождении тектонических трещин вызывает необходимость статистического подхода к изучению их совокупностей. Для анализа трещинной тектоники какого-либо участка должны быть выбраны соответствующие площадки с обнажениями горной породы в разных плоскостях; в подземных условиях удобно производить замеры трещин на пересечении двух горизонтальных выработок (штрека и квершлага, штольни

и орта). При этом соблюдаются следующие условия: 1) площадки для замеров трещин должны располагаться среди однородных горных пород, равномерно на изучаемом участке; 2) производятся замеры всех без исключения трещин подряд; 3) на каждой площадке или выбранном интервале горных выработок должно быть сделано не менее 200 замеров; 4) результаты измерений наносятся на диаграммы, отдельные для каждой площадки. При соблюдении этих условий полученные диаграммы позволяют дать надежную интерпретацию тектонических движений, вызвавших образование выявленных систем трещин.

Мельчайшие трещины, характерные для некоторых горных пород в условиях тектонических деформаций, называемые кливажем, изучаются или как статистические совокупности, или петрографическими методами в шлифах. Полевые наблюдения за кливажем сводятся к следующему: а) определение типа кливажа; б) замеры ориентировки плоскостей кливажа и их положения относительно осевой плоскости складки; в) замеры ориентировки плоскостей кливажа относительно направления течения пластических масс горной породы (для изверженных пород); г) определение относительного возраста кливажа в комплексе структурных элементов объекта изучения.

Вопросы изучения структур месторождений полезных ископаемых более подробно рассматриваются в специальных курсах.

Основные методы крупномасштабных геологических съемок. Обычно крупномасштабная геологическая съемка проводится на площади, уже покрытой ранее геологической съемкой масштабов 1 : 50 000, 1 : 100 000 или 1 : 200 000. Поэтому выбор площади для крупномасштабной съемки и ее границы устанавливаются достаточно точно в зависимости от геологической позиции и размеров месторождений полезных ископаемых, предполагаемых в пределах перспективных участков.

Съемка может выполняться любым из известных методов: поперечными маршрутами, прослеживанием маркирующих горизонтов по простиранию или сплошным картированием обнажений по площади. Выбор метода зависит от структуры участка и степени его обнаженности. Нередко бывает целесообразно совмещение двух методов съемки. При хорошей обнаженности возможно непосредственно прослеживание всех важнейших элементов структуры рудного поля и тогда предпочтение может быть отдано методу прослеживания маркирующих горизонтов. Напротив, при большой мощности наносов более целесообразен метод поперечных маршрутов или сплошное картирование естественных и искусственных обнажений — картировочных скважин, канав и шурфов.

Крупномасштабная геологическая съемка производится на топографической основе, которая должна отвечать установленным требованиям по точности и содержанию. В практике имеют место два способа использования топографической основы при крупномасштабном картировании: геологическое картирование на ранее составлен-

ной топографической основе и одновременное составление топографической и геологической карт.

При первом способе обнажения геологические границы и другие геологические элементы наносят на готовую топографическую карту непосредственно без дополнительных инструментальных привязок, опираясь на ориентиры, имеющиеся на топографической карте. Когда геологический пункт отстоит на значительном расстоянии от топографического ориентира, то его наносят на карту после измерения расстояния между пунктом и ориентиром рулеткой, а азимута — горным компасом. Только в некоторых случаях требуется инструментальное определение местоположения на карте отдельных пунктов геологических наблюдений (на маркирующем горизонте, на контуре рудного тела). Инструментальное определение, «привязка», совершенно необходима для устьев буровых скважин или подземных горных выработок.

Второй способ состоит из следующих трех последовательных этапов совместного ведения топографических работ и геологических наблюдений.

1. Одновременно производится разбивка опорной топографической сети топографом и осмотр обнажений с составлением структурно-геологической схемы участка геологом.

2. Проводится топографическая съемка с одновременным геологическим исследованием и описанием важнейших пунктов наблюдений, которые привязываются инструментально в процессе совместной работы.

3. Узвязка топографических измерений и геологических наблюдений и совместное составление топографической основы с нанесением на нее геологических данных.

Современное геологическое картирование состоит из цикла разнородных наблюдений — минералого-петрографических, геохимических и геофизических, которые затем сопоставляются и позволяют получить наиболее обоснованное представление о структуре выявленных месторождений. Полевые работы при крупномасштабной съемке состоят прежде всего в описании естественных обнажений на картируемой площади. По этим описаниям составляется схематическая геологическая карта, которая служит основой для проведения других исследований уже с точной инструментальной привязкой пунктов наблюдений и для заложения скважин картировочного бурения или расчисток.

На участках, закрытых рыхлыми четвертичными отложениями, с целью выявления структуры толщ коренных пород и их литологического расчленения выполняются геофизические и геохимические съемки. Наиболее распространенный геофизический метод при геологической съемке состоит в измерениях кажущихся электрических сопротивлений по профилям, ориентированным вкрест простирания общей геологической структуры. По кривым кажущихся сопротивлений составляется структурно-корреляционная карта, на которой выделяются зоны различного сопротивления, соответствующие

положению различных горных пород. Там, где геофизические методы электротометрии, магнитометрии или радиометрии не позволяют надежно расчленять горные породы под чехлом рыхлых отложений, могут применяться геохимические съемки, если различные комплексы горных пород обладают резко различным химическим составом, например известняки и песчаники или граниты и базальты.

Сопоставление схематической геологической карты с картой геофизических или геохимических наблюдений позволяет уточнить

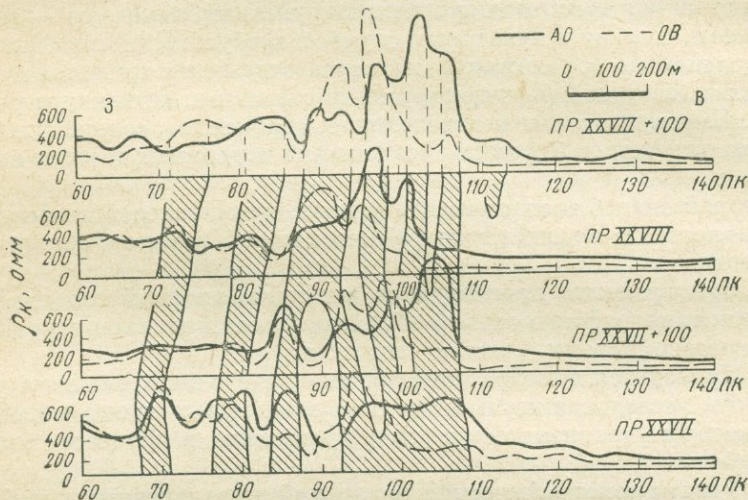


Рис. 24. Выделение различных геологических зон по кривым кажущегося сопротивления (по А. В. Вешеву). Заштрихованы зоны высоких кажущихся сопротивлений

границы и характер различных горных пород на площади съемки и таким образом дать изображение геологической структуры, наиболее близкое к действительности (рис. 24, 25).

Заключительным этапом крупномасштабной геологической съемки при мощном чехле наносов является проходка картировочных скважин или канав и расчисток в пунктах, которые остались нерасшифрованными на схематической геологической карте и на карте геофизических наблюдений. Нередко эти две карты в отдельных частях исследуемой площади дают противоречивые показатели. Вот в таких случаях и требуется проходка картировочных буровых скважин или расчисток. Чем менее обнажена картируемая площадь, тем больше требуется картировочных выработок. Данные картировочных выработок расшифровывают с большей или меньшей степенью достоверности геологическое строение на закрытых участках и позволяют окончательно отрисовать крупномасштабную геологическую карту. Однако такая карта еще не содержит достаточной характеристики перспективы участка в отношении полезных ископаемых; на ней зафиксированы лишь некоторые минеральные проявления, свидетельствующие о возможности выявления полезных ископаемых,

которые встретились в естественных обнажениях или вскрыты отдельными картировочными выработками. Для установления перспектив закартированной площади в отношении полезных ископаемых необходимо проведение дополнительных поисковых мероприятий, которые позволили бы выявить все выходы полезных ископаемых на дневную поверхность и под чехлом рыхлых отложений.

В процессе крупномасштабной геологической съемки производится гидрогеологические наблюдения, при которых фиксируются все водные источники, колодцы и грунтовые воды, вскрытые в картировочных скважинах. На типичных и значительных водопунктах должны быть определены дебит и химический состав подземных вод.

Поисковые методы в комплексе с крупномасштабной геологической съемкой имеют целью обнаружение всех выходов полезных ископаемых на дневную поверхность и выявление участков с благоприятной геологической обстановкой, в пределах которых можно ожидать полезные ископаемые под покровом рыхлых отложений или в пределах самих рыхлых отложений — в россыпях.

Шлиховой метод в комплексе с крупномасштабной геологической съемкой применяется главным образом для опробования аллювиальных, делювиальных и элювиальных отложений в распадках, на склонах и водоразделах. Шлиховое опробование рыхлых отложений на площади рудного поля решает двойную задачу: с одной стороны, оно выполняет роль, подобную литогеохимическому опробованию, выявляя механические ореолы рассеяния рудных минералов, а с другой — служит средством обнаружения промышленных россыпей там, где вместо «рассеяния», наоборот, произошла концентрация полезных минералов в рыхлых отложениях.

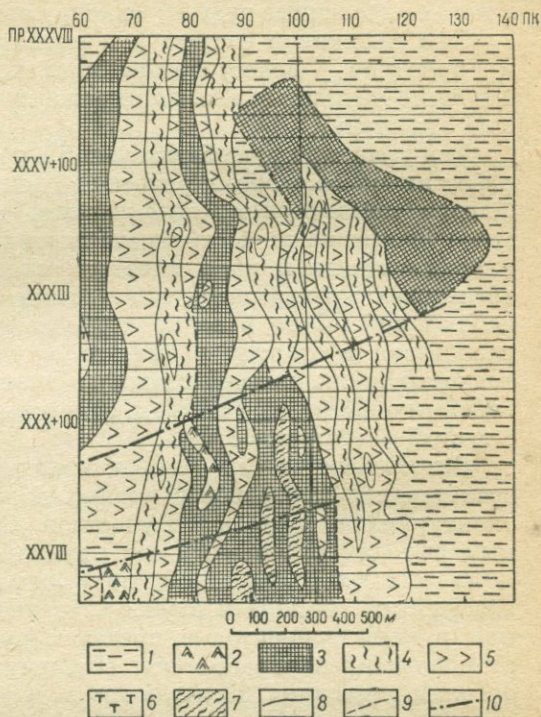


Рис. 25. Геологическая карта участка, построенная по наблюдениям в обнажениях и геофизическим данным (по А. В. Вешеву)

1 — мощные рыхлые отложения; 2 — порфири-тоиды; 3 — микрокварциты; 4 — кварц-хлорит-серцитовые сланцы; 5 — порфириды; 6 — туфы; 7 — хлорит-серцитовые сланцы; 8 — границы пород по геофизическим данным; 9 — границы пород по непосредственным геологическим наблюдениям; 10 — линии тектонических нарушений

Для выявления полезных ископаемых, отличающихся по электропроводности от окружающей среды, применяются методы комбинированного профилирования, естественного поля и заряженного тела. Однако их применение ограничено тем, что большинство руд с невысокой концентрацией полезных минералов — вкрапленных, а также окисленные руды не фиксируются электрометрией.

При наличии в составе руд магнитных минералов — магнетита и пирротина — целесообразно применение магнитометрии, дающей заметные магнитные аномалии даже при значительном покрове рыхлых отложений.

Для урановых руд обязательной в процессе поисково-разведочных работ является радиометрическая съемка. Основной является площадная гамма-съемка, выполняемая при хорошей обнаженности непосредственно по поверхности картируемой площади; при наносах или значительной коре выветривания коренных пород измерения активности производятся в коротких бурках по определенной сети наблюдений. Если в радиоактивных рудах имеет место смещение равновесия в сторону радия, то производятся измерения бета-активности также по всей площади. Эманиационная съемка проводится главным образом на участках, закрытых современными отложениями с густой растительностью.

Литогеохимическая съемка находит широкое применение при исследовании поверхности рудных полей и месторождений с целью оконтуривания рудоносных участков. Она выполняется и по коренным выходам рудоносных зон при хорошей обнаженности участка, и по рыхлым отложениям, покрывающим выходы рудных тел на поверхность. В первом случае изучаются первичные ореолы рассеяния рудных элементов в пределах рудоносных зон, во втором — вторичные ореолы рассеяния. Наилучшие результаты по вторичным ореолам рассеяния достигаются в районах с сухим климатом при покрове рыхлых отложений до 2—3 м. В таких условиях ореолы рассеяния свинца, цинка, меди, молибдена, вольфрама и ряда редких элементов довольно четко отображают конфигурацию рудных выходов под наносами. В итоге изучения ореолов рассеяния выявляются места повышенных концентраций рудного вещества, которые обозначаются на карте как перспективные объекты дальнейших исследований.

## 2. ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Для определения типа найденного месторождения важно получить хотя бы приблизительные представления о формах тел полезных ископаемых, об их пространственном положении и о характере контактов с вмещающими породами. Эти представления иногда можно получить при помощи геофизических методов.

Пластовые и пластообразные месторождения крупных размеров могут быть выявлены геофизическими методами при достаточно благоприятных условиях по их физическим свойствам и залеганию.

Месторождения с крутым падением пластов, выходящие на поверхность и прикрытые рыхлыми отложениями значительной мощности, могут быть обнаружены и выделены по линейным аномалиям на площади поисково-разведочных работ. В зависимости от физических свойств полезного ископаемого и вмещающих горных пород для этого могут быть применены магнитометрия, гравиметрия, электрическое профилирование, радиометрия. Пример магнитной аномалии над выходом медно-никелевого тела показан на рис. 21. Анализ изменений вертикальной и горизонтальной составляющих напряженности магнитного поля позволяет определить приблизительно мощность магнитного тела по профилю, угол падения и глубину залегания от дневной поверхности.

По результатам геофизических исследований при получении четких аномалий составляются карты выходов пластов под наносами, которые служат основанием для заложения впоследствии разведочных выработок.

Полого залегающие пласты и свиты пластов могут обнаруживаться методами, способными фиксировать горизонтальные или слабо наклонные границы раздела в слоистых толщах: вертикальным электрическим зондированием (рис. 26) и сейсмометрией. Для установления границ распространения пологой залежи или серии залежей иногда может быть полезно магнитометрическое или гравиметрическое профилирование, если контур месторождения достаточно четкий и вмещающие породы существенно отличаются по магнитности или плотности.

Положительные результаты геофизических исследований в отношении выявления и приблизительного оконтуривания пологих пластовых и пластообразных месторождений достигаются чаще в толщах молодых слабо метаморфизованных отложений. В древних метаморфических толщах выделение залежей затруднено ввиду слабых различий в физических свойствах пород, слагающих такие толщи.

Массивы, штокверки и другие месторождения, близкие к изометричным, обладающие большими размерами во всех трех измерениях пространства, во многих случаях благоприятны для применения геофизических методов при поисково-разведочных работах.

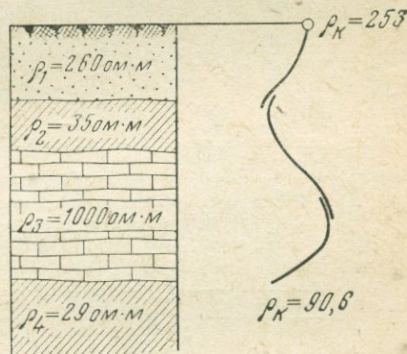


Рис. 26. Кривая ВЭЗ, выделяющая известняковый горизонт высокого сопротивления (по Ю. В. Якубовскому и Л. Л. Ляхову)

Массивы кристаллических горных пород, являющихся полезным ископаемым или несущие в своих пределах скопление ценных минералов (слюды, редкие металлы), обычно выделяются среди окружающих горных пород повышенной плотностью и магнитной восприимчивостью. Поэтому оконтуривание кристаллических массивов может выполняться методами гравиметрии и магнитометрии. Интрузивы кислого состава в толщах древних метаморфических пород — гнейсов и кристаллических сланцев — выделяются благодаря пониженным плотностям и повышенной радиоактивности. Интрузивы основного состава, напротив, дают более интенсивные магнитные аномалии. По этим признакам можно приближенно оконтуривать месторождения вкрапленных медно-никелевых руд в ультраосновных интрузиях, штокверковые месторождения в гранит-порфирах и другие им подобные, если вмещающие породы отличаются по физическим свойствам от рудоносных интрузивов.

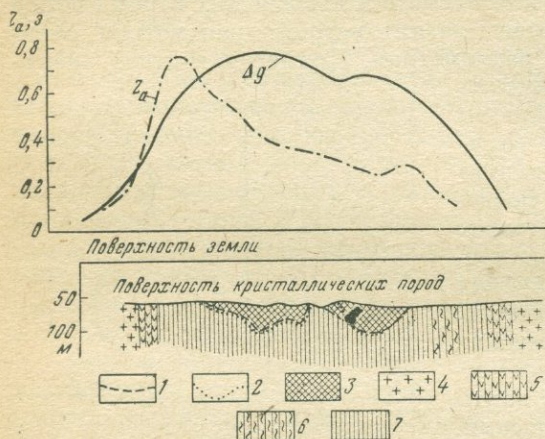


Рис. 27. Результаты комплексных геофизических исследований над Лебединской залежью железных руд КМА (по А. И. Дюкову) 3

1 — подошва рудного тела по данным сейсмометрии; 2 — подошва рудного тела по данным разведочного бурения; 3 — железные руды, 4—7 — метаморфические сланцы

Соляные купола и штоки успешно выявляются и оконтуриваются гравиметрической съемкой. На таких месторождениях применимо также электрическое зондирование с целью определения глубин распространения соляных залежей, так как каменная соль обладает весьма высоким электрическим сопротивлением.

Над залежами магнетита устанавливаются настолько четкие магнитные аномалии, что по ним оказывается возможным определить не только форму и элементы залегания рудного тела, но и приблизительно выяснить качество руд. На месторождениях хромита выявляются гравитационные аномалии, отображающие линзовидные формы тел и дающие представления об условиях их залегания. Однако во многих случаях выходы рудных тел могут быть обнаружены под покровом рыхлых отложений только путем комбинированных исследований разными геофизическими методами. Так, богатые железные руды Курской магнитной аномалии не выделяются каким-либо одним методом. Только комплексные гравиметрические, магнитометрические и сейсмометрические работы позволили выявить и оконтурить рудные залежи на значительной глубине (рис. 27). На Лебединском месторождении КМА сейсмометрическими работами по ме-

тоту преломленных волн была определена подошва верхней обогащенной части железистых кварцитов. Магнитометрия дала зону пониженных значений магнитной восприимчивости в местах залегания маритовых руд. Гравиметрия в той же зоне показала наиболее высокие плотности, отвечающие лежащим здесь слабомагнитным рудам.

Жилы и маломощные пластиы средних и малых размеров, являющиеся самыми распространенными объектами исследований в процессе поисково-разведочных работ, обнаруживаются и приблизительно оконтуриваются различными геофизическими методами.

Жилы и маломощные пластиы полезных ископаемых в отношении их физических свойств можно подразделить на следующие типы: 1) жилы, плохо проводящие электрический ток; 2) жилы с высокой электропроводностью; 3) тонкие пластиы с высокой электропроводностью; 4) жилы, обогащенные магнитными минералами; 5) немагнитные жилы; 6) жилы радиоактивные.

К первому типу относятся пегматитовые и кварцевые жилы с электрическим сопротивлением в несколько тысяч омметров. Они выделяются при поисково-разведочных работах методом электрического профилирования и методом отношения потенциалов (ИЖ).

Второй тип представлен рудными жилами с минералами, обладающими хорошей электропроводностью. Выходы таких жил под наносами обнаруживаются методами электрического профилирования.

К третьему типу принадлежат тонкие пластиы антрацита, обладающие высокой электропроводностью. Они прележиваются методом заряженного тела. В этих случаях применим также метод естественного электрического поля.

К четвертой группе относятся жилы с пирротиним и магнетитом, характеризующиеся высокой магнитной восприимчивостью. Они отчетливо выделяются в профилях детальной магнитной съемки (рис. 28).

В пятый тип входят кварцевые и другие жилы, а также зоны расланцевания и серицитизации среди горных пород повышенной магнитности. Такие жилы и зоны выделяются по пониженным значениям магнитной восприимчивости.

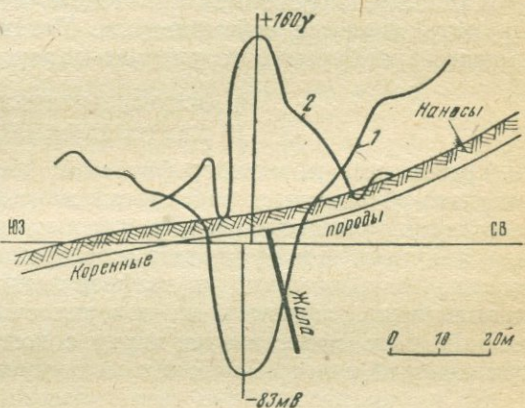


Рис. 28. Изменение потенциала естественного электрического поля (1) и кривая приращения вертикальной составляющей напряженности магнитного поля (2) над оловорудной жилой (по А. П. Соловьеву)

Шестой тип включает разнообразные по минеральному составу и генезису рудные жилы, небольшие дайки и зоны рассланцевания, обогащенные радиоактивными минералами. Радиоактивные жилы могут быть обнаружены эманационной съемкой или гамма-съемкой.

Нефть и газ накапливаются в определенных тектонических структурах. Для их выявления и расчленения геологического разреза с выделением пластов горных пород, благоприятных для накопления нефти и газа (коллекторов), широко применяются геофизические методы.

Наиболее эффективным методом выявления нефтегазоносных структур является сейсмометрия. Метод отраженных волн обычно предшествует бурению структурно-поисковых скважин на нефть и газ.

### 3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАРТОГРАФИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ

Требования к картографическим материалам по результатам поисково-разведочных работ выражаются в том, чтобы все они выполнялись качественно и выражали комплексные показатели и данные, полученные в результате всесторонних минералого-петрографических, геохимических и геофизических исследований. Основные геологические элементы на поверхности и разведочные выработки должны быть нанесены на карту с достаточно высокой точностью при помощи топографических инструментов.

На крупномасштабных геологических картах должны быть отображены следующие элементы:

а) контуры разновидностей горных пород, выделенных по стратиграфическому, литологическому, петрографическому, фациальному признакам, и элементы их залегания;

б) минеральный состав и текстурно-структурные особенности горных пород с соответствующими их петрографическими наименованиями;

в) контуры измененных пород в контактах, в коре выветривания, в тектонических зонах;

г) складчатые и разрывные нарушения, их элементы залегания, направления перемещений по сбросам и надвигам, мелкая трещиноватость, зоны брекчии;

д) контуры тел полезных ископаемых на выходах, как выявленные в естественных и искусственных обнажениях, так и предполагаемые по результатам геофизических и геохимических съемок; водные источники;

е) горные выработки, буровые скважины, опорные естественные обнажения, топографические знаки и горизонтالي.

Кроме сводной карты крупномасштабной геологической съемки и выполненных поисковых работ должны быть составлены карты результатов проведенных поисковых работ: геофизические, геохимические, шлиховые, обосновывающие изображения геологической структуры и тел полезных ископаемых на закрытых частях закартированной площади.

В зависимости от необходимости и направления дальнейших работ на закартированной площади могут быть составлены карты специального назначения: структурные, минералогические, геоморфологические, гидрогеологические и др.

Крупномасштабная геологическая карта сопровождается геологическими разрезами в том же масштабе. Все данные, помещенные на геологическом разрезе, должны быть увязаны с данными соседних разрезов и с геологической картой.

Достоверность крупномасштабной геологической карты определяется точностью установления стратиграфического разреза осадочных отложений, детальностью расчленения изверженных пород и изображения складчатых и разрывных нарушений. Степень точности изображения геологической структуры участка на карте зависит от числа наблюдений и правильности их распределения в процессе съемки — более простые части исследуемой площади могут картироваться при более редкой сети наблюдений, чем сложные узлы, требующие значительного числа наблюдений на единицу площади. Средний исходный показатель надежности изображения на карте — 1 точка на 1 см<sup>2</sup> — не может служить универсальным мерилom достоверности геологической карты. В некоторых случаях на сложных структурах, как, например, в пределах древних метаморфических толщ, такая плотность сети наблюдений может оказаться недостаточной. При простом же геологическом строении картируемой площади такая плотность сети не нужна.

Достаточность наблюдений при крупномасштабном картировании и соответственно «кондиционность» карт масштаба 1 : 10 000 и крупнее должны определяться не числом и плотностью наблюдений, а степенью комплексного изучения геологического строения картируемого объекта, степенью выяснения закономерностей распределения полезных ископаемых и точностью нанесения геологических контуров. Наблюдения должны давать возможность выделять на карте пласты и другие элементы геологической структуры толщиной 1—2 мм. Точность нанесения контуров должна находиться в пределах точности топографической основы.

Если геологическая карта, отрисованная в результате поисково-разведочных работ, позволяет составить правильное представление о форме и условиях залегания выявленного месторождения и дает основание прогнозировать распространение полезного ископаемого на глубину или дает возможность отбраковать заведомо непромышленные минеральные проявления, то такая карта может считаться кондиционной.

#### 4. ВСКРЫТИЕ И ОКОНТУРИВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Чтобы определить качество обнаруженного полезного ископаемого и проследить месторождение по поверхности, производится расчистка естественных выходов тел полезных ископаемых и проходятся

неглубокие приповерхностные поисково-разведочные выработки (канавы, шурфы, буровые скважины), вскрывающие выходы залежей под наносами. Кроме того, для выяснения перспектив распространения полезного ископаемого на глубину проходятся единичные более глубокие поисково-разведочные скважины и шурфы. При помощи этих немногочисленных выработок с учетом данных геологического картирования, геофизических и геохимических поисковых работ производится определение промышленного типа выявленного месторождения и решается вопрос о целесообразности постановки на нем разведочных работ.

**Оценка выходов месторождения** основывается на геолого-минералогических данных, полученных в начальный период поисков и при крупномасштабном геологическом картировании. При этом принимаются во внимание изменения, которые претерпевают залежи полезного ископаемого вблизи поверхности, подвергаясь физическому и химическому выветриванию. Вследствие этого тела полезного ископаемого на выходах часто сильно отличаются по минеральному, химическому составу и физическому состоянию от своих глубинных частей.

Поэтому оценить месторождение на основании наблюдений по выходам тел полезного ископаемого на поверхность в большинстве случаев нелегко. Для этого требуются достаточно глубокие знания конкретных месторождений полезных ископаемых и особенностей поведения различных минералов и минеральных комплексов в зоне выветривания. Эти изменения первичных минеральных скоплений называются гипергенными, а приповерхностная часть земной коры, где протекают гипергенные процессы, называется зоной гипергенеза.

По степени подвижности в зоне гипергенеза и способности образовывать новые минеральные формы химические элементы делятся на три группы: элементы весьма подвижные, к которым относятся K, Na, Ca, Mg; подвижные — Cu, Ni, Co, Mo, U, Ra, Zn; малоподвижные — Ti, Al, Zr, Pt, Au, Sn, W, Hg и др. Некоторые элементы, как, например, железо, в различных условиях проявляют себя подвижными либо малоподвижными.

Среди малоподвижных элементов различают две подгруппы: 1) элементы устойчивых минералов и 2) элементы неустойчивых минералов. Элементы первой подгруппы образуют такие минералы, как окислы железа, марганца и алюминия, золото, платиноиды, касситерит, киноварь, хромшпинелиды, рутил, берилл, вольфрамит, флюорит, топаз, кварц, алмаз, слюда, асбест, корунд, монацит, гранат, апатит и др. Все эти минералы практически не изменяются в зоне гипергенеза и присутствуют на выходах тел полезных ископаемых в тех же количествах, которые свойственны глубинным частям этих тел. Они же слагают различные россыпи. Только наименее прочные из них (киноварь, вольфрамит, флюорит) подвергаются на выходах механическому выкрашиванию, и поэтому выходы оказываются несколько обедненными по сравнению с частями тел, не затронутых механическим разрушением.

При оценке выходов рудных тел, сложенных устойчивыми минералами, следует всегда учитывать возможность их обогащения этими устойчивыми минералами за счет выноса неустойчивых минералов за пределы рудных выходов, иногда на значительные расстояния. Такой вынос может осуществляться в растворах, если элементы, составляющие неустойчивые минералы, подвижны, или механически — водными потоками и ветром при дроблении до пылеобразного состояния химически устойчивых, но физически непрочных минералов.

Неустойчивые минералы, содержащие мало подвижные элементы, при разрушении в зоне выветривания преобразуются в более устойчивые. Это преобразование происходит часто без переноса элементов в силу малой подвижности последних и называется метасоматическим замещением. Среди окисленных и полуокисленных сульфидных руд обычно можно наблюдать метасоматическое замещение сульфидов минеральными новообразованиями зоны окисления.

Минералы, образованные подвижными элементами, при разрушении на выходах тел полезных ископаемых переходят в растворы и вместе с ними переносятся, рассеиваясь или образуя новые минеральные виды вдалеке от выходов. Из числа подвижных элементов особая роль принадлежит железу в сернистых соединениях.

Пирит и марказит, а также пирротин, окисляясь, превращаются в легкорастворимые сульфаты железа. Сульфаты железа в водном растворе оказываются активными окислителями и ускоряют разложение как самих сульфидов железа, так и многих других сульфидных минералов.

Медьсодержащие минералы, халькопирит и другие сернистые соединения, подвержены легкому разрушению в кислой среде. Благодаря специфике этого металла на многих медных месторождениях образуется зона вторичного сульфидного обогащения на некоторой глубине под зоной выщелачивания и окисления.

В зонах окисления медноколчеданных месторождений происходит накопление золота, освободившегося из растворенных сульфидов. Основная его масса скапливается в низах зоны окисления, обычно среди так называемой баритовой сыпучки с остатками кварца и гипса.

Пентландит, главный сульфидный минерал никелевых руд, неустойчив на выходах рудных тел. Никелевый сульфат легко растворим и способен мигрировать с рассеянием растворов без образования из них вторичных никелевых минералов в значительных количествах.

Кобальтсодержащие минералы — линнеит, кобальтин, смальтин — неустойчивы в зоне окисления и выходы кобальтсодержащих рудных тел обычно обеднены по сравнению с глубинными их частями. В присутствии мышьяка возможно накопление кобальта в нижних частях зоны окисления в виде розового эритрина. При наличии гидроокислов марганца возможно накопление кобальта из мигрирующих растворов путем его адсорбции.

Урановые минералы неустойчивы в зоне окисления и сам уран обладает весьма высокой подвижностью. Относительно более устойчивы гидроокислы урана и урановые черны, которые обычно и

наблюдаются в зоне окисления урановых месторождений. Поэтому содержание урана на выходах обычно ниже, чем в глубинных частях рудных тел. Но в некоторых случаях при резком спаде кислотности растворов, несущих уран, могут образоваться богатые урановые «шляпы», в пределах которых наблюдаются разноцветные (от ярко-желтых до изумрудно-зеленых) сульфаты, карбонаты, фосфаты и другие урановые минералы.

Среди редких элементов различаются малоподвижные — бериллий, тантал, ниобий, цирконий и некоторые другие — и подвижные благодаря повышенной растворимости — литий, цезий, редкие земли, кадмий, германий, скандий, индий, рубидий. Первые фиксированы в устойчивых минералах, встречающихся на выходах рудных залежей и в россыпях (колумбит, берилл, циркон); вторые, как правило, не образуют самостоятельных минералов и находятся в виде примесей и в рассеянном состоянии в минеральных видах, состоящих в основном из других элементов.

Уголь на выходах претерпевает глубокие изменения и его состав и свойства резко отличаются от тех, которые свойственны свежему углю из глубинных частей месторождения. Особенно резкие изменения наблюдаются до глубин 10—20 м от дневной поверхности, где происходит разложение органических соединений под влиянием процессов окисления.

#### Некоторые морфологические особенности выходов полезных ископаемых

Залежи полезных ископаемых на выходах изменяют первоначальные формы под влиянием химического и физического выветривания, а коренные породы в приповерхностной части постепенно превращаются в элювий, который обычно маскирует залежи полезных ископаемых. Иногда в элювии сохраняются морфологические черты залежей, но размеры их несколько преувеличены вследствие механического «расползания» разрушенных частей.

На склонах возвышенностей элювий под действием силы тяжести и водных потоков перемещается на значительные расстояния и превращается в делювий. В делювии иногда накапливается большое количество обломков руд, превышающее относительное количество рудного материала в коренном залегании. Тем самым создается ложное впечатление о размерах коренных выходов рудных залежей, которые в действительности могут быть небольшими. Такие накопления в делювии характерны для устойчивых минеральных комплексов залежей полезного ископаемого — кварцеворудных жил, скарнов и им подобных. Наоборот, если рудный материал легко разрушается и уносится, а вмещающие горные породы более устойчивы, то даже крупные рудные тела, такие, как сульфидные залежи или соли, слабо проявляются в делювии. Устойчивые полезные минералы при дальнейшей переработке делювия уходят в аллювиальные отложения речных долин, где при достаточно высокой концентрации могут об-

разовать промышленные россыпи. Чем положе склон, тем шире раз-  
вертывается веер рассеяния полезных минералов, чем круче склон,  
тем веер уже.

Горизонтально залегающие пластообразные тела полезных иско-  
паемых на склонах показывают мощность большую или меньшую,  
чем в действительности имеет такое тело. Пласты рыхлых и сыпучих  
полезных ископаемых (пески, бурые угли) или пластичных глин обык-  
но сильно преуменьшают свою мощность на выходах и часто изги-  
баются вниз по склону. Выходы же пластов крепких полезных иско-  
паемых образуют в пониженных  
частях рельефа нагромождения ка-  
менных глыб, создающих впечатле-  
ние очень мощного выхода.

Залежи полезных ископаемых,  
отличающихся повышенной прочно-  
стью, дают на поверхности выступы.  
Мощные кварцевые и пегматитовые  
жилы в условиях молодого быстро  
развивающегося рельефа образуют  
стены, возвышающиеся на многие  
метры над менее крепкими вмеща-  
ющими породами.

Иногда на выходе полезного  
ископаемого приобретает обратное  
падение, обусловленное сдвижением  
разрушенного приповерхностного  
слоя горных пород вместе с верхней  
частью залежи (рис. 29).

Залежи полезного ископаемого  
на выходах нередко вызывают об-  
рушения или оседания поверх-  
ности вследствие выщелачивания  
большой части рудного вещества  
в процессе его окисления. Ввиду  
уменьшения объема тела полез-  
ного ископаемого вблизи выхода  
образуются пустоты, которые  
при наличии потока подземных вод  
могут дополниться еще и карстом.  
В результате вмещающие породы  
на выходе окисленных залежей  
прогибаются, а затем образуются  
значительные оседания или  
провалы. Так возникают отрица-  
тельные формы в рельефе над  
выходами тел полезных ископаемых,  
противоположные выступам  
крепких рудных тел.

Когда тело полезного ископаемого  
и образовавшийся в результате  
окисления и деятельности подземных  
вод карст находятся на значительной  
глубине, то проседания поверхности  
может не произойти и деформация  
проявится только в трещиноватости  
и брекчировании горных пород.

Известны случаи, когда окисление  
рудных залежей вызывает не  
уменьшение, а увеличение их  
объема вблизи выхода. Так, арсе-  
нопиритовые залежи при интенсивном  
преобразовании арсенопирита

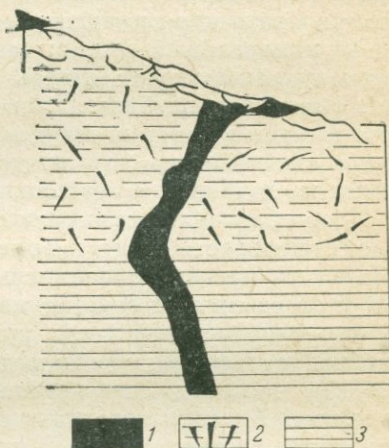


Рис. 29. Деформация кварцевой жилы  
у выхода на дневную поверхность на  
месторождении Чалкуйрюк

1 — кварц жильный; 2 — разрушен-  
ный роговик; 3 — плотный роговик

в скородит увеличиваются в объеме примерно в два раза. Последний, увеличиваясь в объеме, выходит за пределы залежи и раздвигает вмещающие породы.

#### Оценка месторождений по выходам полезного ископаемого

Геолого-минералогическая оценка выходов, измененных гипергенными процессами, сводится к анализу наблюдаемых минеральных комплексов и условий их залегания, что позволяет схематически реставрировать первоначальную форму залежи полезного ископаемого и ее минеральный состав; также на основании анализа данных по выходу можно предполагать наличие и характер зоны вторичного обогащения на глубине. При всех обстоятельствах следует учитывать, что выходы месторождений в зоне гипергенеза изменены и обычно мало сходны с тем, что представляют собой тела полезных ископаемых на глубинах в первичном состоянии.

Зона окисления сульфидных месторождений в большей или меньшей степени освобождается от серы и большинства тяжелых металлов. На их месте остаются окислы и гидроокислы:  $\text{Si}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в различных сочетаниях. В зависимости от степени окисления в приповерхностной части рудной залежи вместе с окислами встречаются сульфиды, слегка затронутые окислением, или только их редкие частицы, окруженные минеральными новообразованиями; в конечной стадии окисления сера и тяжелые металлы выносятся полностью за пределы выхода. В некоторых случаях возникают естественные препятствия выносу металлов из зоны окисления. Жильные минералы и вмещающие горные породы, способные понижать кислотность растворов, как, например, известняки, удерживают часть растворенных металлов в пределах зоны окисления. Происходит также адсорбирование катионов некоторых металлов гидроокислами, способствующее задержанию металлов в зоне окисления. Таким образом, в зоне окисления осаждаются карбонаты тяжелых металлов; в определенных условиях образуются сульфаты, соли фосфорной, мышьяковой и других кислот, силикаты и минералы переменного состава, образовавшиеся в результате распада гелей. В некоторых случаях происходит обогащение зоны окисления тяжелыми металлами за счет выноса других легкорастворимых соединений первичных руд из зоны. Так происходит относительное увеличение содержаний в зоне окисления: золота, серебра, олова, тантала, вольфрама, свинца. Некоторые минералы, такие, как ванадинит и вульфенит, концентрируются исключительно в зоне окисления.

Для оценки важное значение имеют вопросы технологической обработки руд зоны окисления. Полезные минералы в зоне окисления сульфидных месторождений обладают совершенно другими свойствами по сравнению с первичными сульфидами и поэтому обогащение или другая переработка окисленных руд требует иных технологических решений. Окисленные цинковые, никелевые, мышьяковые, сурьмя-

ные и молибденовые руды, особенно с низким содержанием металла, практически не используются промышленностью. Напротив, благородные металлы — золото, серебро и платина, — переходя в зоне окисления в свободное состояние, легче извлекаются из окисленных руд, чем из сульфидных.

Основной задачей изучения выходов месторождений полезных ископаемых является установление качества полезного ископаемого в зоне гипергенеза. Эта задача решается двумя путями: 1) опробованием выходов с последующим химическим или спектральным анализом проб; 2) изучением минерального состава и текстурно-структурных особенностей полезного ископаемого. Оба пути взаимно дополняют друг друга.

Минералогическое изучение выходов заключается в выявлении и определении:

- а) остаточных первичных минералов;
- б) вторичных (гипергенных) минералов зоны окисления;
- в) структуры и цвета остаточных лимонитов;
- г) пустот от выщелачивания первичных минералов;
- д) псевдоморфоз по первичным минералам.

В зависимости от местных условий те или другие из указанных элементов приобретают решающее значение в оценке выходов месторождения.

Остаточные первичные минералы присутствуют в окисленных рудах в количествах от единичных едва заметных зерен до преобладающих скоплений в рудах слабо окисленных. Для установления количественных соотношений отдельных минералов — рудных и жильных, первичных и окисленных — достаточно на плоскостях обнажений или образцов произвести суммарный площадной обмер каждой разновидности минералов. Выявленное таким образом соотношение различных минералов и их комплексов позволит составить приблизительное представление о содержании их в руде. Процесс обмера заключается в отборе по плоскости обнажения штуфов полезного ископаемого, обычно по линиям вкрест простираения тела. В каждом штуфе на его поверхности измеряются приблизительно площади зерен минерала или минерального комплекса. Затем они суммируются, и из отношения суммы площадей, занятых определяемым минеральным комплексом, ко всей площади поверхности штуфа вычисляется ориентировочное содержание данного минерала (комплекса минералов) в руде. Выполнение спектральных анализов штуфов дополняет данные для оценки содержаний полезных компонентов в руде из зоны окисления.

Гипергенные минералы определяются с большим трудом. Они обычно загрязнены примесями, покрыты корочками и налетами постороннего материала, прежде всего гидрооксидами железа и марганца. Поэтому в образцах из зоны гипергенеза установить их содержание путем непосредственных наблюдений или невозможно, или оно определяется лишь частично по тем минеральным скоплениям и зернам, которые свободны от маскирующих их примесей и покрытий.

Для ориентировочного определения содержаний гипергенных минералов наряду с минералогическими исследованиями образцов применяются химические анализы проб. Путем расчетов содержаний металлов в выявленных остаточных первичных минералах определяется количество металла, предположительно заключенного в гипергенных минералах; зная же примерно, какие гипергенные минералы находятся в составе окисленной руды, можно рассчитать их количества. Для полевой оценки выходов достаточно выявить наиболее характерные «типоморфные» минералы зоны окисления, по которым можно судить о их количествах с учетом данных химических анализов проб. Часто приходится ограничиваться только качественными данными о минеральном составе окисленных руд для того, чтобы судить о минеральном составе первичных руд. Например, наличие каламина и смитсонита свидетельствует о присутствии в первичных рудах сфалерита; церуссит и англесит говорят о первичном галените; молибдит и повеллит — о молибдените; малахит — о медных сульфидах.

Иногда по структуре лимонитов и их цвету можно определить состав первичных руд. Изучение структуры лимонита там, где нет ни первичных минералов, ни гипергенных рудных новообразований, дает возможность в некоторых случаях определить не только качественный состав первичных руд, но и примерные количественные соотношения первичных рудных минералов. При этом необходимо научиться различать лимониты, образовавшиеся на месте за счет преобразования первичных минералов, и лимониты, привнесенные из других частей рудной залежи или вмещающих горных пород. Первые образуют структуры, отражающие особенности первичных минералов, и по ним можно определять минеральные виды в первоначальном состоянии рудного тела. Так, в первичных сульфидах почти всегда имеются трещинные системы, обычно связанные со спайностью минеральных агрегатов или с характером сростков минеральных зерен. В таких трещинках создается устойчивый кремнисто-лимонитовый ячеистый скелет (рис. 30). Этот скелет затем заполняется гипергенными новообразованиями или частично остается пустым. Чем грубее была трещиноватость первичных минералов, тем толще и устойчивее ячеистый каркас. Размеры и форма ячеек каркаса, толщина стенок, ассоциация различных лимонитов, слагающих каркас и заполняющих ячейки, иногда довольно четко характеризуют первичные сульфиды, по которым образовались эти лимониты. Такая связь структурного рисунка лимонита с первичным минералом особенно может быть убедительной, если в железной шляпе имеются слабо окисленные и сильно переработанные сульфиды, по которым можно видеть различные стадии становления каркаса структурных лимонитов. Сходство структуры трещин в минерале по форме и размерам с кремнисто-лимонитовыми скелетами служит надежной аналогией для определения первичного состава руд.

Пустоты от выщелоченных первичных минералов могут оказать помощь в определении первичного минерального состава залежи

полезного ископаемого. На поверхности выхода наименее стойкие минералы, растворяясь или подвергаясь механическому разрушению, оставляют пустоты в крепкой окружающей минеральной массе. Эти пустоты сохраняют формы бывших там первичных минералов, как, например, кубические пустотки от кристаллов пирита, продолговатые — от кристаллов антимонита, вольфрамита и других удлиненных минералов. По таким пустоткам можно установить не только качественный состав первичной руды, но приблизительно подсчитать и количества полезных минералов в определенном объеме, т. е. определить их содержание в руде.

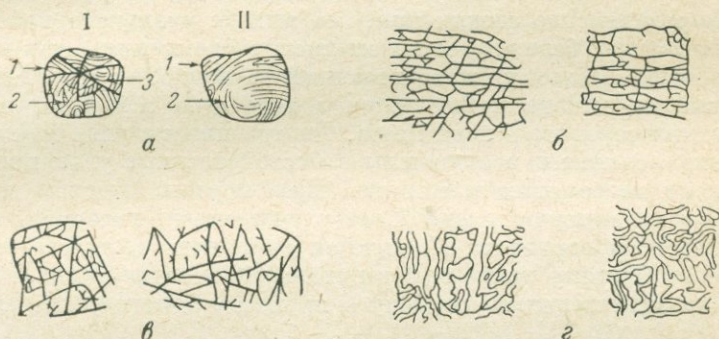


Рис. 30. Схемы структур лимонитов

*a* — листоватая ячейчатая структура лимонита по молибдениту; I — Санто-Нино в Аризоне, II — Хоткинсон в Квинсленде; 1 — границы ячейки, 2 — листоватые лимонитовые зерна, 3 — мелкие кварцевые прожилки; б — схема структуры лимонита по халькопириту; в — схема треугольно-сферической структуры лимонита по борниту; г — контурная ящичная структура лимонита по тетраэдриту

Псевдоморфозы по первичным минералам, которые часто наблюдаются в зоне окисления, по своим формочкам и по составу минеральных новообразований дают возможность определить минералы, находившиеся там до преобразования минеральных комплексов в зоне окисления. Чаще всего псевдоморфозы бывают выполнены вторичными минералами того же металла, который находился в составе первичного минерала. Так, например, широко известны псевдоморфозы лимонита по пириту, псевдоморфозы окисленных сурьмяных минералов (охр) по антимониту, тунгстита по вольфрамиту; остаточные черны иногда наследуют формы первичных минералов урана. По псевдоморфозам четко определяется первичный состав минеральных комплексов. Количественные же характеристики обычно не удаются, так как не все преобразованные и окисленные минералы первичных руд замещаются псевдоморфозами. Определения содержания по псевдоморфозам совместно с определениями по пустоткам выщелачивания и по структурным лимонитам может дать наиболее полную картину и количественную характеристику первичного состава руды, глубоко окисленной на выходе.

Оценка выходов нерудных полезных ископаемых отличается своими особенностями. Выходы угольных пластов, например, часто совершенно изменены. Обычно они приобретают различную окраску в зависимости от примесей, находящихся в угле. При значительном содержании пирита угольный пласт на выходе окрашивается в буроватые цвета или покрывается беловатыми налетами от выделений железных сульфатов — мелантерита. Если выветривание выразилось в интенсивном механическом разрушении угля, протекавшем более быстро, чем химическое превращение, то цвет существенно не меняется и выход представлен размазанной сажистой массой. При более глубоком химическом выветривании, когда разрушаются полностью органические соединения, на выходе угольного пласта образуются рыхлые беловато-серые землистые скопления — так называемая «меловка». Пласт угля, залегающий наклонно, в случае глубоких изменений на выходе наблюдается в виде едва заметного прослоя темного или серовато-белого цвета. Иногда пласты угля на выходах настолько осветлены и окрашены в несвойственные углю цвета, что эти пласты невозможно различить. При крутом падении пластов их выходы маскируются еще более разрушенным материалом боковых пород; на поверхности образуются скопления глинисто-илистых продуктов. Поэтому такие выходы угольных пластов должны вскрываться на значительную глубину в процессе поисково-разведочных работ.

С изменением состава углей в приповерхностной части месторождения, естественно, меняются и их технологические свойства. Для оценки качества угля пробы должны браться ниже зоны окисления угольных месторождений.

Для оценки выявленного месторождения кроме представлений о минеральном составе и приблизительном содержании полезных компонентов необходимо выяснить размеры месторождения. Анализ данных по выходам позволяет определить длину и мощность зоны, заключающей в своих пределах полезное ископаемое, или площадь обнаженной части месторождения. Размеры выхода, измененного процессами химического и механического выветривания, могут быть большими или меньшими по сравнению с размерами обнаружения первичной залежи. Чем глубже окислен выход, тем большими могут быть эти различия. Лимонит обладает способностью загрязнять окружающие породы и поэтому размеры железной шляпы обычно больше первичного обнажения рудной залежи. Переотложение гипергенных минеральных новообразований, таких, как смитсонит, может значительно расширять площадь рудных выходов относительно первоначальной. С другой стороны, маскировка выходов, как в случае угольных месторождений, может создать ложное впечатление о малых размерах пластов или даже об их отсутствии. Все это вместе с необходимостью получения возможно более свежего материала для определения качества полезного ископаемого заставляет углубляться в пределах выхода с помощью различного рода выработок, или как говорят, — «вскрывать выход».

Всякий выход полезного ископаемого, как возвышающийся в обнажении, так и прикрытый слоем рыхлых отложений, должен быть изучен не только с поверхности, но и на некоторую глубину. В противном случае редко можно получить правильное представление о типе месторождения и размерах залежей полезного ископаемого. Чтобы эффективнее выполнить вскрытие выходов, последние должны быть как-то очерчены предварительно и предположительно установлены элементы залегания обнажающихся тел полезных ископаемых. В тех случаях, когда выходы слабо изменены в зоне окисления или представлены прочными минеральными образованиями, четко выделяющимися на поверхности, установить их размеры и условия залегания тел полезных ископаемых не представляет большого труда. Когда же выходы залежей сильно изменены, замаскированы и прикрыты рыхлыми элювиальными или делювиальными отложениями, приходится потратить немало сил и времени на их оконтуривание, прежде чем приступить к вскрытию. Для этого проводятся крупномасштабные геофизические, геохимические и минералогические исследования по поверхности.

При поисково-разведочных работах на небольших участках с целью оконтуривания выходов полезного ископаемого исследования выполняются главным образом по коренным породам. При полной обнаженности коренных горных пород, к которым приурочены повышенные концентрации радиоактивных элементов, может проводиться детальная гамма-съемка полевыми радиометрами с отбором контрольных проб для лабораторных испытаний. Если же коренные рудоносные породы прикрыты рыхлыми отложениями, применяется эманационная съемка. В большинстве случаев целесообразна комбинированная съемка двумя или тремя указанными методами, взаимно контролирующими друг друга. Такие детальные съемки выполняются по сети от  $50 \times 5$  м (при масштабе 1 : 5000) до  $10 \times 5$  м (при масштабе 1 : 1000). Отбор проб в рыхлых отложениях производится на всю их глубину для изучения вторичных ореолов рассеяния урана. Взятие проб из коренных пород для люминесцентного и других лабораторных анализов с попутным геолого-минералогическим изучением рудных выходов дает возможность изучить в достаточной степени выходы ураносодержащих залежей для того, чтобы приступить к их вскрытию и исследованию на больших глубинах. На площади, где можно предполагать выходы медных руд по специфической зеленоватой окраске и по распространению лимонитов, свидетельствующих о повышенных концентрациях меди и других сульфидов, целесообразны наблюдения с отбором проб. Чтобы сократить число точных химических анализов, можно проводить определения содержаний меди «на глаз» и с применением полуколичественных полевых анализов. В результате составляется карта, на которую наносятся данные анализов и наблюдений и очерчиваются площади с различными содержаниями металла (рис. 31).

Способы вскрытия выходов полезных ископаемых. Для более полного изучения и опробования выходы полезного ископаемого вскрывают при помощи различных поверхностных выработок (расчисток, канав, шурфов) и короткометражных

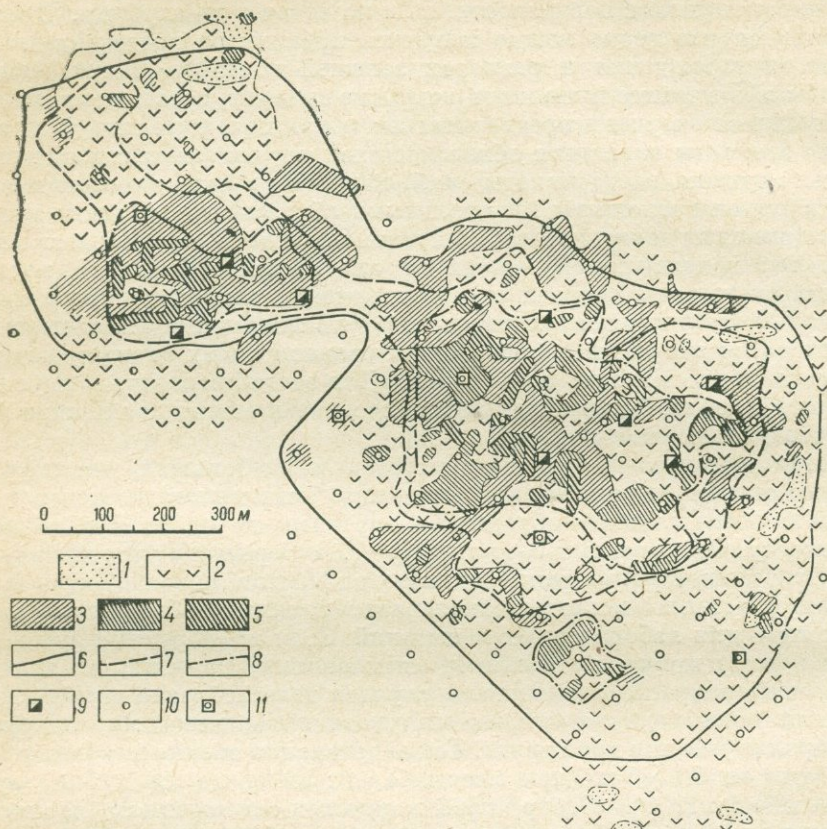


Рис. 31. Купрометрическая карта Кальмакырского медного штокверка (по А. В. Королеву и М. Ф. Зенину)

1 — безрудные породы; 2 — участки рудоносных пород с содержанием меди до 0,2%; 3 — породы с содержанием меди 0,2—0,5%; 4 — окисленные руды с содержанием меди 0,5—1%; 5 — окисленные руды с содержанием меди 1—3%; 6 — общий контур штокверка с учетом данных последующих буровых скважин; 7 — контур окисленных руд по данным бурения; 8 — контур окисленных руд по данным купрометрической съемки; 9 — шурфы; 10 — скважины; 11 — шурф — скважина.

скважин. Применяемые способы вскрытия выхода полезного ископаемого зависят в основном от мощности перекрывающих его отложений и степени изменения выхода. При незначительной мощности перекрывающих отложений и относительно слабом изменении выхода нет необходимости в большой углубке. В таких случаях обычно производятся неглубокие расчистки с целью удаления с поверхности посторонних обломков и частиц каменного материала. Если слой рыхлых отложений достигает полуметра, то вместо расчистки широкой пло-

щадки обнажения бывает целесообразно провести серию узких борозд поперек выхода полезного ископаемого, углубляясь в него на 20—30 см.

Если мощность наносов более 0,5 м или выход полезного ископаемого представлен развитой зоной окисления, то необходимо более глубокое вскрытие выхода. Это производится с помощью канав или шурфов. Канавы проводятся вкрест простирания геологической структуры и выходов тел полезных ископаемых, реже по простиранию последних. С их помощью производится углубление внутрь окисленной части залежи до 1 м. Если мощность выхода более 30 м, то можно использовать пунктирные канавы (длина канавы 5 м, далее 5 м перерыв, затем снова 5 м канавы, перерыв и т. д.). При вскрытии выхода рудного тела, имеющего изометричную форму выхода и большую площадь, целесообразно применять сеть мелких шурфов или короткометражных (щуповых) скважин.

При мощности наносов от 3 до 10 м целесообразно вскрывать выходы полезного ископаемого мелкими шурфами, дудками и скважинами. Последние эффективны для вскрытия относительно простых и крупных залежей полезного ископаемого. На выбор способа вскрытия влияют также условия залегания тел полезных ископаемых: углы падения пластов, обводненность участка, рельеф местности. Вскрытие выходов на склонах и при значительной обводненности рационально выполнять короткими штольневыми врезам, весьма удобными для откатки отбитой массы пород и для спуска воды самотеком. Обводненность или валунистость наносов может заставить предпочесть шурфам буровые скважины.

При мощных наносах, превышающих 10 м, для вскрытия выхода полезного ископаемого проходятся главным образом буровые скважины, реже шурфы. Из шурфов на пересечении выхода полезного ископаемого под наносами задаются рассечки, иногда с развитием коротких штреков для исследования выхода в нескольких пунктах по простиранию. Если позволяет рельеф местности, то всегда следует воспользоваться возможностью проходки коротких штолен, вскрывающих выходы залежи на склоне возвышенности, покрытой делювием.

В зависимости от конфигурации выхода полезного ископаемого производится ориентировка выработок и скважин, соответствующих условиям залегания месторождения. Размеры месторождения и его выходов, скрытых под слоем рыхлых отложений, обуславливают большее или меньшее число пересечений выхода канавами или серией вертикальных выработок.

Однако число выработок, вскрывающих выходы тел полезных ископаемых под наносами, должно быть минимальным и достаточным для решения двух основных задач: 1) получения каменного материала в виде образцов и проб, необходимых для надежной характеристики зоны гипергенеза и суждения о характере полезного ископаемого в первичном его состоянии; 2) приближенного оконтуривания выходов полезного ископаемого на изучаемом участке с целью

определения их общих размеров и элементов залегания тел полезного ископаемого. Решение этих основных задач дает основание при положительной оценке выходов полезных ископаемых продолжить исследования глубинных частей месторождения.

Прогнозирование и вскрытие месторождения на глубине. Месторождения полезных ископаемых полностью или частично находятся на значительных глубинах от дневной поверхности. Так, например, месторождения угля Саарбрюкенского каменноугольного бассейна, железных руд Курской магнитной аномалии,

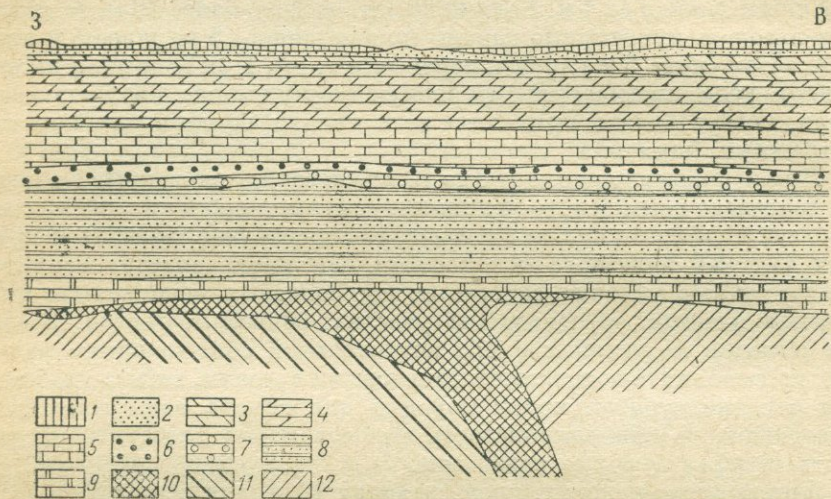


Рис. 32. Геологический разрез Белгородского месторождения железных руд КМА (по В. М. Крейтеру)

1 — четвертичные суглинки; 2 — третичные пески; 3 — мел; 4 — мергель; 5 — известняки; 6 — пески; 7 — пески и глины; 8 — юрские пески и глины; 9 — карбоновые известняки; 10 — богатые железные руды; 11 — докембрийские кварциты; 12 — докембрийские сланцы

погребенные золотые россыпи Восточной Сибири и многие другие месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых залегают на глубинах без выхода на дневную поверхность. Но и большая часть месторождений, обнажающихся на поверхности, погружаются на глубину, тем большую, чем круче угол падения залежей. Следовательно, на стадии поисково-разведочных работ приходится иметь дело в основном с объектами, лишь слегка обнаруживающими себя на выходах и в большей части или полностью «слепыми», находящимися на значительных глубинах.

Слепые месторождения подразделяются на две группы: 1) месторождения, никогда не выходявшие на дневную поверхность, и 2) месторождения, прежде выходявшие на поверхность, но затем перекрытые более молодыми отложениями (рис. 32). Те и другие требуют различных подходов при поисках и поисково-разведочных работах.

Во всяком случае в стадию поисково-разведочных работ необходимо получить некоторые сведения о месторождении в отношении

распространения полезного ископаемого в глубинных, скрытых от непосредственного наблюдения, частях. Эти сведения получают путем проходки единичных буровых скважин и в исключительных случаях при помощи глубоких шурфов, иногда с ответвлениями подземных горизонтальных горных выработок. Проведение поисково-разведочных выработок необходимо не только для подтверждения факта распространения полезного ископаемого в недрах перспективного участка, но и для отбора достаточно представительных проб с целью установления качества полезного ископаемого.

Основанием для заложения поисково-разведочных скважин или глубоких шурфов, рассчитанных на выявление слепых месторождений или отдельных слепых залежей полезного ископаемого, служит геологический прогноз распространения полезного ископаемого в глубину. Исходными данными для такого прогноза являются: геологическая крупномасштабная карта перспективного участка, составленная в начальный период поисково-разведочных работ; результаты крупномасштабных геофизических и геохимических исследований, выполненных одновременно с геологической съемкой или ранее; результаты вскрытия выходов полезного ископаемого.

Из поисковых критериев на стадии поисково-разведочных работ для прогноза распространения полезного ископаемого на глубину решающая роль принадлежит закономерным связям геологической структуры и тел полезных ископаемых. Все пластовые и пластообразные месторождения углей, черных и цветных металлов, строительных материалов и др. прогнозируются на глубину на основании их положения в складчатых структурах с учетом стратиграфического и литологического контроля. Такие месторождения и залежи обычно следуют изгибам пластов вмещающих горных пород. Зная по карте положение складок, можно с уверенностью предсказать направление возможного распространения залежей полезного ископаемого. Большинство нефтяных месторождений приурочено к куполам брахиантиклиналей, чем и обосновывается прогноз нефтеносности на перспективной площади. Многие рудные месторождения, представленные разнообразными жилами, закономерно связаны с трещинной структурой вмещающей среды; прогноз распространения рудных жил на глубины опирается на ориентировку и протяженность зон трещиноватости, контролируемых оруденение. Однако и другие поисковые критерии и признаки, такие, как магматогенные, минералогические, геохимические и геофизические, играют немаловажную роль в предсказании слепых рудных тел на глубине.

При прогнозировании распространения полезного ископаемого в глубинных частях месторождения одновременно прогнозируется и его качество. Прогноз качества основывается на изучении выходов полезного ископаемого при их вскрытии. Как указывалось выше, ряд признаков в зоне гипергенеза позволяет составить представление о характере полезного ископаемого в первичном его состоянии ниже этой зоны. Если же месторождение не обнажается на дневной поверхности или под рыхлыми отложениями небольшой мощности и нет

возможности непосредственного наблюдения минеральных комплексов, составляющих залежь полезного ископаемого, то прогнозирование качества полезного ископаемого слепого месторождения возможно лишь на основании геологической аналогии. Интенсивность магнитной аномалии над слепой залежью в какой-то степени говорит о масштабах магнетитовых залежей, скрытых на глубине.

По завершении исследований поверхности участка, в недрах которого предполагается месторождение определенного промышленного

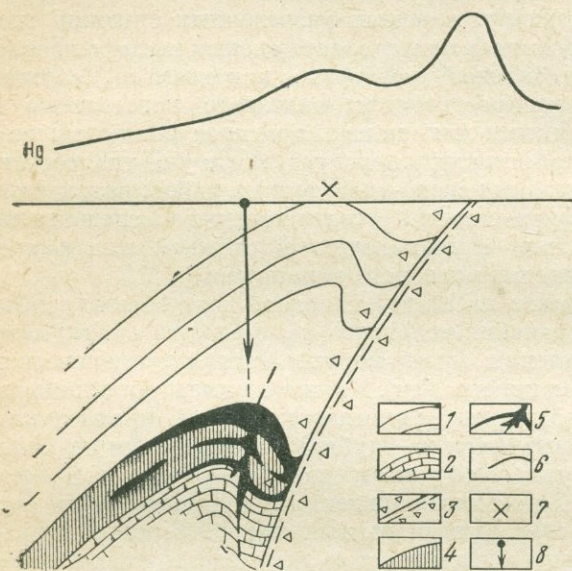


Рис. 33. Заложение структурно-поисковой скважины на основании изучения структуры слепого месторождения и данных геохимической съемки (по В. П. Федорчуку)

1 — перекрывающие сланцы; 2 — подстилающие известники; 3 — зона взбросо-надвига; 4 — рудовмещающий горизонт; 5 — рудные залежи; 6 — кривая изменения содержания ртути на выходах коренных пород; 7 — точка антиклинального перегиба на оси складки перекрывающих сланцев; 8 — место заложения и направление проектируемой первой структурно-поисковой скважины

типа на основании оценки выходов и геологической аналогии, производится проверка прогноза преимущественно буровыми скважинами (рис. 33). Следует стремиться сделать это с минимальным числом буровых скважин, которые зафиксировали бы наличие полезного ископаемого на глубине и дали фактический каменный материал для определения качества полезного ископаемого. В общем случае достаточно трех-четырёх скважин, вскрывающих полезное ископаемое ниже зоны гипергенеза на малой и большой глубинах или при горизонтальном положении залежи в нескольких удаленных друг от друга пунктах. При сложном геологическом строении рудного поля может потребоваться большее число скважин, так как неоднородность такого месторождения вызовет необходимость дифференциальной проверки разобленных и разноориентированных залежей полезного ископаемого в различных частях месторождения (жильного поля, кольцеобразной скарновой зоны и т. п.). Весьма сложные и мелкие месторождения ценных полезных ископаемых — оптических минералов, драгоценных камней, золото-кварцевых жил, редкометальных гнезд — могут потребовать уже в стадию поисково-разведоч-

ных работ применения подземных горных выработок для подтверждения распространения полезного ископаемого в недрах.

Бурение поисково-разведочных скважин следует вести в соответствии с предполагаемым залеганием месторождения или разнородных по условиям залегания его частей: горизонтальные и пологие структуры, в которых предполагаются такие же тела полезных ископаемых, должны разбуриваться вертикальными скважинами в нескольких пунктах; крутопадающие тела полезных ископаемых следует подсекать наклонными буровыми скважинами.

В результате всего комплекса поисково-разведочных работ — от крупномасштабного геологического картирования, геофизических, геохимических и минералогических исследований на поверхности до вскрытия полезного ископаемого на глубине — получаются сведения, которые дают представление о возможной площади и глубине распространения полезного ископаемого и его качестве. Месторождения, обнажающиеся на дневной поверхности, довольно четко оконтуриваются по их выходам и лишь контур месторождения на глубине остается открытым или может быть проведен только предположительно на основании пределов геологической структуры, вмещающей тела полезного ископаемого, и геофизических аномалий, соответствующих местонахождению полезного ископаемого. Если установлена рудоносность некоторого структурного элемента — складки или трещинной зоны, — то границы предполагаемого оруденения могут быть проведены по этим структурам. Если установлена достаточно четкая связь рудного тела с магнитной, гравиметрической или иной аномалией, то по контурам таких аномалий можно провести предположительно границу месторождения.

## 5. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ВЫЯВЛЕННЫХ В ПРОЦЕССЕ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

По результатам поисково-разведочных работ должна быть сделана оценка месторождения в отношении его геологических особенностей, благоприятствующих или затрудняющих разработку и переработку полезного ископаемого, для чего выясняются в первом приближении условия залегания и качество полезного ископаемого. Необходимо также учесть ориентировочно и возможный масштаб месторождения, и экономику района, чтобы подойти к выяснению некоторых элементов экономической оценки месторождения.

Основной задачей геолога в поисково-разведочную стадию является определение промышленного типа месторождения. Определив промышленный тип месторождения, разведчик получает средство для решения последующих задач исследования — заложения поисково-разведочных выработок, применения методик изучения качества полезного ископаемого и др. Установление промышленного типа выявленного месторождения в комплексе с накопленными данными по

его геологическому строению дает основание для приблизительного определения размеров месторождения, проведения его общего контура и в итоге для геолого-экономической его оценки. Нужно, однако, иметь в виду, что большая часть характеристик, полученных при поисково-разведочных работах, является не более как обоснованным предположением. Технологические свойства полезного ископаемого на этой стадии оцениваются по аналогии с хорошо изученными ранее подобными месторождениями. Материалы, получаемые в результате поисковых работ, позволяют сделать несколько предположений о формах месторождения, о запасах и качестве полезного ископаемого. Эти различные предположения могут служить отправными пунктами для различных вариантов геолого-экономической оценки выявленного месторождения.

Несмотря на недостаточность данных стадии поисково-разведочных работ для надежной оценки месторождения, многолетний опыт показывает, что эти работы дают возможность отбраковать значительную часть явно непромышленных минеральных скоплений и обосновать целесообразность разведки перспективных объектов.

В результате проведенных работ, детальных на поверхности, особенно на выходах полезного ископаемого, и едва коснувшихся глубинных частей месторождения, представления о последнем неравноценны в различных его частях. Как правило, в приповерхностной части имеется больше наблюдений обнажений как естественных, так и искусственных, вследствие чего складываются довольно определенные представления о формах залежей и качестве полезного ископаемого. Но наблюдения на месторождении в приповерхностной части не всегда можно распространить на его глубинные участки без поправок. С глубиной размеры залежей могут увеличиваться или уменьшаться; может существенно изменяться качество полезного ископаемого. Единичные наблюдения на глубине в буровых скважинах дополняют представления о месторождении, сформированные на основании изучения поверхности, но они настолько малочисленны, что ими нельзя воспользоваться для надежной характеристики свойств месторождения в глубинных его частях. Поэтому всегда по окончании поисково-разведочных работ одна часть месторождения, обычно более близкая к поверхности, изучена более детально, а другая, большая часть, изучена слабо.

В соответствии с различной степенью изученности участка, где выявлено месторождение, определение свойств последнего более достоверно в одной части и менее достоверно в другой. В приповерхностной части обнажающегося месторождения, а также на участке слепого месторождения, вскрытого несколькими разведочными пересечениями, возможно хотя бы приблизительно провести контур распространения полезного ископаемого как в плане, так и в разрезах. На таких участках можно подсчитать запасы полезного ископаемого на основании непосредственных определений размеров залежей полезного ископаемого и условий их залегания на основании анализов единичных проб полезного ископаемого. Достоверность определения

запасов при таком подсчете очень невелика — ошибка в их определении может быть близкой к  $\pm 100\%$ , однако возможность их подсчета с приблизительным оконтуриванием и ориентировочным определением подсчетных параметров уже делает ощутимой качественно и количественно некоторую часть месторождения. Эти запасы, опирающиеся на единичные измерения размеров месторождения и единичные определения качества полезного ископаемого, можно отнести к категории  $C_2$ .

Другая часть месторождения, не вскрытая выработками, а только предполагаемая на основании продолжения рудоносной структуры или обнаруженной геохимической или геофизической аномалии, не может быть охарактеризована в отношении пространственного положения залежей полезного ископаемого и их качества. В пределах этой части выявленного месторождения невозможно с достоверностью указать места, где действительно находятся тела полезного ископаемого; тем более еще неизвестны их размеры, контуры и качество полезного ископаемого. Характер тел полезного ископаемого в пределах перспективной по геологическим соображениям, но совершенно неизученной части месторождения, может лишь предполагаться по аналогии с изученной частью этого месторождения или с другими подобными месторождениями. Тем не менее иногда бывает возможно статистическим путем или с учетом геологических и геофизических данных грубо ориентировочно подсчитать возможные запасы полезного ископаемого в пределах неизученной части месторождения. Такие запасы, подсчитанные без предварительного определения размеров тел и качества полезного ископаемого на основании геологической аналогии и не привязанные к определенному подсчетному контуру, называются **прогнозными**.

Итак, основные требования к результатам поисково-разведочных работ заключаются в следующем:

а) на основе тщательного изучения поверхности и единичных разведочных пересечений на глубине должен быть определен промышленный тип месторождения;

б) по данным геологических, геохимических и геофизических исследований должен быть установлен ориентировочно контур месторождения в плане и дан геологически обоснованный прогноз распространения полезного ископаемого на глубине;

в) в геологически обоснованном контуре месторождения или его наиболее изученной части подсчитываются запасы категории  $C_2$ ;

г) на части месторождения, слабо изученной, но перспективной в отношении распространения полезного ископаемого, определяются прогнозные запасы полезного ископаемого, не привязанные к определенному подсчетному контуру.

Требования к результатам поисково-разведочных работ на нефть и газ более высокие, чем для твердых полезных ископаемых. Кроме запасов категории  $C_2$  и прогнозных, в итоге поисково-разведочных работ должны быть подсчитаны запасы нефти по категории  $C_1$ . Это требование дает основание для более надежной оценки

промышленного значения выявленного нефтяного месторождения или его части.

Таким образом, в результате поисково-разведочных работ, завершающих поисковый этап геологоразведочного процесса, обнаруживается в определенных границах месторождение или несколько месторождений. Выясняются в первом приближении размеры месторождения и, следовательно, приблизительное количество запасов полезного ископаемого, примерное его качество и условия залегания. Эти первоначальные данные о месторождении, хотя и ориентировочные, позволяют оценить возможную продуктивность месторождения (возможность получения минерального сырья с единицы площади или объема), горнотехнические условия разработки месторождения и возможность переработки полезного ископаемого. Кроме того, при проведении поисково-разведочных работ попутно выясняются общие экономические условия района — транспортные возможности, энергетические ресурсы, местные материалы и рабочая сила. Эти основные данные позволяют определить целесообразность дальнейших разведочных работ на месторождении, как на объекте возможной эксплуатации в будущем.

Существует несколько способов оценки возможного промышленного значения месторождения, выявленного в результате поисково-разведочных работ. В. И. Красников предложил производить перспективную оценку месторождения по пяти признакам — крупности месторождения, качеству полезного ископаемого, продуктивности, горнотехническим условиям разработки и экономики района. При этом рекомендована 10-балльная оценочная шкала и произведено подразделение признаков на три категории (табл. 5).

Таблица 5

Оценка месторождений по 10-балльной шкале

Название признака	Оценочные баллы		
	2	1	0
1. Крупность месторождения	Крупное	Среднее	Мелкое
2. Качество полезного ископаемого	Высокое	Рядовое	Низкое
3. Продуктивность месторождения	Высокая	Средняя	Низкая
4. Горнотехнические условия эксплуатации	Особенно благоприятные	Обычные	Неблагоприятные
5. Экономика района	Особенно благоприятная	Обычная	Неблагоприятная

По числу баллов месторождения могут быть разделены на следующие группы:

- Рядовые промышленные месторождения 5—6 баллов  
 Месторождения повышенной ценности 7—8 »  
 Исключительно ценные месторождения 9—10 »

Промышленная ценность месторождения сомнительна при 3—4 баллах, а ниже всякое месторождение должно оцениваться как непромышленное.

Например, обнаруженные в процессе поисково-разведочных работ 40 золото-кварцевых жил протяженностью от 100 до 300 м позволяют предполагать среднее золоторудное месторождение (1 балл); содержание золота в большинстве проб более 10 г/т и достигает 100 г/т (2 балла); выход промышленной руды на единицу площади жилы ввиду значительной прерывистости рудных скоплений в пределах жилого тела предполагается низкий (0 баллов); горнотехнические условия эксплуатации месторождения благодаря расчлененному рельефу поверхности и удобным подъездам благоприятные (2 балла); месторождение находится вдали от транспортных магистралей в необжитой местности (0 баллов). В итоге объект исследования, получивший 5 баллов, относится к рядовым промышленным месторождениям.

Для технико-экономических расчетов в стадию поисково-разведочных работ еще нет достаточно надежных данных. Тем не менее можно провести некоторые вычисления для получения условных величин оценочных показателей вновь выявленного месторождения. Первыми экономическими элементами оценки нового месторождения могут служить: величина производительности будущего горного предприятия и размер необходимых капитальных вложений в его строительство.

Производительность горного предприятия зависит главным образом от крупности месторождения. Чем больше разведано запасов, тем больше могут быть эксплуатационные карьеры при открытой разработке и шахты при подземной. Следовательно, производительность горного предприятия ( $A$ ) может быть вычислена на основании определенной числовой зависимости ее от запасов полезного ископаемого ( $Z$ ):

$$A = f'(Z). \quad (1)$$

Значение такой функции обычно определяется из опыта проектирования предприятий на месторождениях данного промышленного типа.

С другой стороны, потребные капиталовложения на строительство горного предприятия ( $K$ ) находятся в зависимости от производительности намечаемого горного предприятия:

$$K = f''(A). \quad (2)$$

Чем больше производительность предприятия, тем больше шахт и более крупные эксплуатационные и подсобные здания и сооружения должны быть построены и, следовательно, требуется большая сумма капиталовложений.

При помощи тех или других оценочных показателей может быть выяснено весьма приблизительно, пригодно или не пригодно для промышленного использования выявленное месторождение или его

часть. Если эти приблизительно определенные оценочные показатели в сумме будут свидетельствовать о возможной пригодности месторождения для промышленного использования, такое месторождение должно быть разведано. В большинстве случаев целесообразна разведка и сомнительных в отношении пригодности к промышленному использованию месторождений, так как всегда существует вероятность изменения представлений о месторождении в лучшую сторону по мере его более полных и углубленных исследований при разведке. Только явно непригодные по своим размерам, условиям залегания или качеству полезного ископаемого минеральные скопления должны быть отбракованы по результатам поисково-разведочных работ и не могут служить объектами дальнейшей разведки.

## РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

### 1. ЗАДАЧИ, ПРИНЦИПЫ И ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ

Главными задачами разведочных работ являются определения количества, качества и условий залегания полезного ископаемого. Эти параметры позволяют оценить в основном промышленное значение разведываемого месторождения. Однако для окончательной промышленной оценки месторождения необходимо еще выяснить общие природные и экономические факторы.

Количество полезного ископаемого зависит от размеров тел полезных ископаемых. Для одних месторождений размеры тел определяются четкими геологическими границами, обусловленными структурой и вещественным составом месторождения, для других — они определяются условно по результатам геологоразведочных работ. Такие контуры условны потому, что зависят от требований промышленности к качеству минерального сырья, которые могут меняться. Таким образом, количество и качество полезного ископаемого тесно связаны между собой и должны рассматриваться совместно. Поскольку контуры промышленной залежи полезного ископаемого проводятся по минимальным значениям требуемого качества этого ископаемого, следовательно, от последнего зависят и формы и размеры тел.

Понятие «качество полезного ископаемого» включает не только химический и минеральный состав, но и технологические свойства минерального сырья. По различным качественным показателям выделяются его природные типы и промышленные сорта.

Под условиями залегания понимаются прежде всего элементы залегания — простирание, падение и склонение как месторождения в целом, так и отдельных тел полезного ископаемого. В эту группу признаков входят также крепость, устойчивость, трещиноватость и другие физические свойства вмещающих пород и залежей полезного ископаемого, обводненность месторождения и глубины залегания. Условия залегания характеризуют возможности вскрытия и отработки залежей полезного ископаемого, поэтому называются также горнотехническими условиями месторождения.

Экономические условия, которые характеризуют месторождение как объект промышленного использования, определяются возможностями транспорта и водоснабжения, энергетическими ресурсами, наличием строительных и других материалов, необходимых для горного предприятия, населением и профилем его хозяйственной деятельности.

Выяснение названных характеристик месторождения, особенностей природной обстановки, в которой находится месторождение, и экономики района является целью разведки.

### Понятие о принципах разведки

Принципы разведки месторождений полезных ископаемых выработаны вековой ее практикой. Они базируются на геологической основе и прежде всего на геолого-структурных представлениях о различных промышленных типах месторождений полезных ископаемых. С другой стороны, учение о поисках и разведках руководствуется народнохозяйственной целесообразностью, которая также лежит в основе рассматриваемых ниже пяти принципов разведки.

В соответствии с этими принципами всякое месторождение должно быть разведано полно, в определенной последовательности, равномерно, экономично и быстро.

Принцип полноты исследования выражается в необходимости освещения с большей или меньшей детальностью всего месторождения. Частичная разведка какого-либо участка месторождения не может считаться полноценной, так как не дает представления о масштабах месторождения и о перспективах его использования. Для проектирования эксплуатации месторождения и для нормальной деятельности горного предприятия всегда необходимо иметь хотя бы приближенное представление о месторождении в целом. Отсюда вытекает первое требование принципа полноты исследования: оконтуривание всего месторождения. Такое оконтуривание очень крупных месторождений (бассейнов) может вначале выполняться приблизительно по общим геологическим и геофизическим данным.

Второе требование принципа полноты исследования заключается в обязательном полном пересечении изучаемого тела полезного ископаемого разведочными выработками. Только при этом условии можно установить мощность тела, элементы его залегания, распределение различных типов и сортов полезного ископаемого в его пределах и правильно определить величину их запасов.

Третье требование состоит в том, что месторождение должно изучаться комплексно, так как большинство месторождений в пределах одной и той же площади или вблизи ее содержит различные полезные ископаемые, а руды большей части месторождений обладают несколькими полезными компонентами, в том числе редкими и рассеянными элементами. Кроме того, в пределах месторождения наряду с промышленными запасами полезного ископаемого обычно име-

ются непромышленные, но которые могут быть использованы в будущем. Попутное изучение и выявление запасов таких временно непромышленных полезных ископаемых в большинстве случаев также целесообразно. Окружающие горные породы следует изучать как возможные строительные материалы. Участок месторождения должен быть исследован в отношении его гидрогеологических и инженерно-геологических особенностей.

**П р и н ц и п п о с л е д о в а т е л ь н ы х п р и б л и ж е н и й** заключается в последовательном изучении месторождения по этапам и стадиям, на которые делится геологоразведочный процесс. Такое изучение месторождения диктуется тем, что получить сразу все необходимые сведения о месторождении с достаточной достоверностью практически невозможно, особенно по крупным и сложным месторождениям. Поэтому в силу естественной необходимости разведка проводится в несколько приемов. Так, процесс разведки разделяется на стадии, в каждую из которых месторождение или его части изучаются с различной все возрастающей детальностью.

**П р и н ц и п р а в н о м е р н о с т и** (равной достоверности) следует из необходимости более или менее равномерного освещения разведываемого месторождения. Если бы разведочные выработки были сосредоточены на одном участке месторождения, а другие участки ими не были затронуты, то правильного представления о формах, размерах и условиях залегания месторождения получить бы не удалось. Ясно также, что если бы на одном участке месторождение было опробовано, а на других качество полезного ископаемого не изучалось, то получить правильное представление о качестве и количестве полезного ископаемого, а также о распределении его типов и сортов в пределах месторождения было бы невозможно.

Принцип равномерности предусматривает более детальные исследования сложных частей месторождения и менее детальные простых участков, чем достигается примерно одинаковая достоверность результатов по всему объекту разведки — по месторождению или его части.

Принцип равномерности выражается в следующих требованиях: а) равномерное освещение разведочными выработками месторождения или его частей, находящихся в одной и той же стадии разведки; б) равномерное распределение пунктов опробования в разведочных выработках; в) применение на разных участках месторождения технических средств, дающих соизмеримые результаты; г) применение равнозначных и равноточных методик исследования вещества.

**П р и н ц и п н а и м е ь ш и х т р у д о в ы х и м а т е р и а л ь н ы х з а т р а т** требует, чтобы количество разведочных выработок, проб и объемы других видов исследований были минимальными, но достаточными для решения задач разведки. Неоправданно густые сети разведочных выработок на ранних стадиях разведки, большое количество проб и других исследований, превышающее тот минимум, который позволяет решить задачи данной стадии разведки, являются излишествами. Так возникает переразведка месторождения

или его части, вызывающая излишние затраты средств вопреки принципу наименьших затрат. Применение этого принципа служит делу большой государственной важности — делу экономии.

Принцип наименьших затрат времени заключается в требовании проведения разведочных работ в кратчайшие сроки. Ввиду этого фронт геологоразведочных работ должен быть по возможности более широким. Это достигается одновременным введением в работу наибольшего числа разведочных станков и других агрегатов, проходкой одновременно максимального числа разведочных выработок (если их заложение не зависит от результатов соседних выработок и скважин), соблюдением оперативных планов и графиков работы. Этот принцип приобретает особое значение при разведке дефицитных видов минерального сырья.

Каждый геолог-разведчик должен уметь анализировать природные геологические закономерности и правильно сочетать с ними требования принципов разведки. Тогда принцип полноты исследования и принцип наименьших материальных и трудовых затрат в сочетании позволят найти важные для практики значения необходимой и достаточной полноты исследования, оптимальных разведочных сеток, интервалов опробования и т. п. Принцип последовательных приближений вместе с принципом минимальных затрат времени в каждую стадию позволяет наиболее экономично вести разведку в целом.

### Основные методы разведки

Методами всякой разведки месторождения являются: разведочные разрезы, опробование и оценочные сопоставления.

С помощью геологических разрезов выясняются формы тел полезного ископаемого, их размеры и, таким образом, решается одна из основных задач разведочных работ — определение количества полезного ископаемого. Разрезы позволяют выяснить внутреннее строение и условия залегания тел полезных ископаемых. В зависимости от природы месторождения и применяемых технических средств разведки разрезы могут быть вертикальными, горизонтальными и комбинарованными (рис. 34).

Другая задача разведочных работ — определение качества полезного ископаемого — решается вторым методом — опробованием. Под опробованием понимается весь комплекс работ, связанный с определением качества полезного ископаемого, независимо от того, каким способом отбираются и обрабатываются пробы или как определяется качество руды. Различного рода физические, химические, технологические, минералогические, петрографические и другие анализы и испытания дают возможность исследовать материал пробы для определения качественных показателей полезного ископаемого.

Третья задача разведки — оценка месторождения — решается методом оценочных сопоставлений. Оценка сопутствует процессу разведочных работ. Каждый новый материал, получаемый от про-

ходки новых выработок, подвергается оценке — сравнению с данными ранее пройденных выработок и с требованиями к качеству минерального сырья. А данные по всему месторождению сравниваются с данными по другим месторождениям, разведанным или эксплуатируемым. На основе таких оценочных сопоставлений решается вопрос о промышленном значении месторождения.

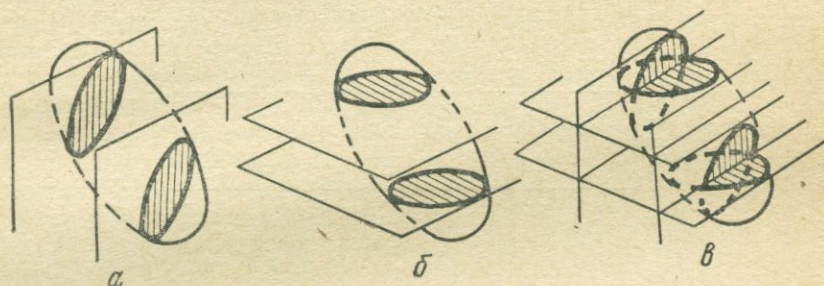


Рис. 34. Виды разведочных разрезов

*а* — схема вертикальных разрезов; *б* — схема горизонтальных разрезов; *а* — схема комбинации вертикальных и горизонтальных разрезов

## 2. ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ И РАЗВЕДОЧНАЯ ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Форма и размеры тел, их элементы залегания, качественная характеристика полезного ископаемого и другие показатели в различных частях месторождения могут принимать разные значения,

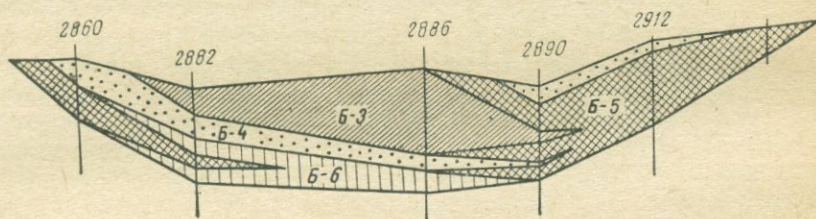


Рис. 35. Вертикальный разрез бокситовой залежи Тихвинского месторождения. Различной штриховкой показаны бокситы разного качества, обозначенного соответствующими марками — Б-3, Б-4, Б-5, Б-6

обусловленные теми или иными геологическими причинами. Эти различия в показателях характеризуют природную изменчивость месторождения или отдельного тела (рис. 35). Изучение геологических особенностей месторождения, например зональности, позволяет выяснить причины изменчивости мощности залежи и содержания полезного компонента. И наоборот, выяснив характер и интенсивность изменений какого-либо свойства месторождения, легче разобраться

в геолого-структурной обстановке месторождения, наметить определенные закономерности концентрации полезных минералов.

В понятии «изменчивость» следует различать ее характер и степень, или интенсивность. Под характером изменчивости понимается об-

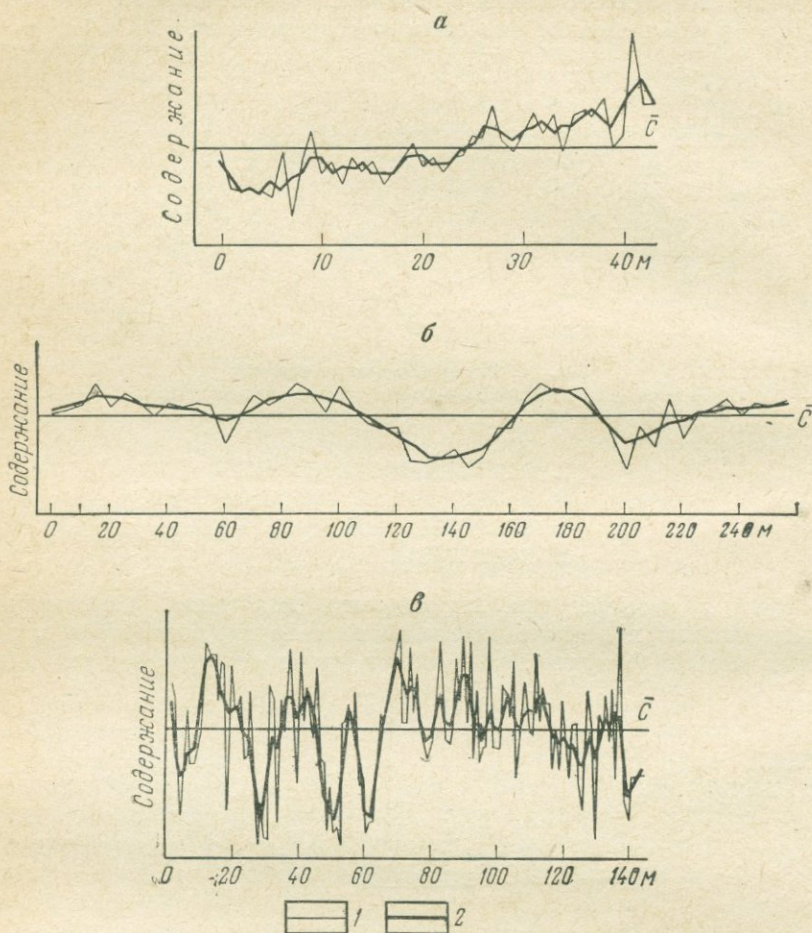


Рис. 36. Характер изменчивости: возрастающая (а), волнообразная (б), скачкообразная (в)  
1 — изменчивость содержания от пробы к пробе; 2 — сглаженная кривая изменчивости (кривая регрессии)

щая тенденция изменений: возрастающие или убывающие прямолинейные, возрастающие или убывающие волнообразные, гармонические или близкие к ним скачкообразные (рис. 36). Степень изменчивости обычно характеризуется размахом колебаний. Обе эти составляющие изменчивости имеют большое значение для методики разведки.

Изменчивость мощности, содержания металла, объемного веса руды влияет на достоверность определения средних их значений по месторождению или его части. Действительно, если изменения происходят закономерно, то многих наблюдений не требуется (рис. 37, а). Достаточно иметь наблюдения по двум крайним точкам и, соединив их прямой, можно получить значения признака между ними в любой интересующей нас точке. При усложнении кривой изменчивости появится необходимость в дополнительных точках, освещающих промежуточные криволинейные интервалы. Таким образом, чем больше изменчивость и на меньших интервалах она проявлена, тем больше и чаще необходимо иметь точек наблюдений, чтобы получить правильное представление о характере изменчивости и среднем значении изменяющегося признака (свойства). Следовательно, изменчивость основных свойств месторождения предопределяет количество необходимых точек наблюдений и расстояния между ними.

Различают два вида изменчивости: закономерную и случайную. Если изменения от точки к точке наблюдений происходят плавно, как, например, изменения мощности пластообразных тел, то можно говорить о наличии закономерной изменчивости. С понятием закономерной изменчивости связано понятие о представительности отдельных наблюдений. Чем меньше степень изменчивости, тем на большие расстояния можно распространять данные одиночных наблюдений без опасения допустить большие погрешности в определении средней мощности тела, среднего содержания металла или объемного веса. Наоборот, при большой изменчивости распространение влияния данных одиночных наблюдений должно быть ограниченным. Таким образом, закономерная изменчивость определяет допустимую величину прямолинейной интерполяции и экстраполяции разведочных данных. Под случайной изменчивостью понимают изменения показателя признака (свойства) в точках наблюдений, не связанных между собой определенными зависимостями и не зависящими также от расстояния между точками наблюдения. Эти изменения носят характер беспорядочных колебаний от точки к точке, часто со значительным размахом на коротких расстояниях (рис. 37, б).

Для вычисления средней величины показателя признака при случайной изменчивости расстояние между точками наблюдений уже

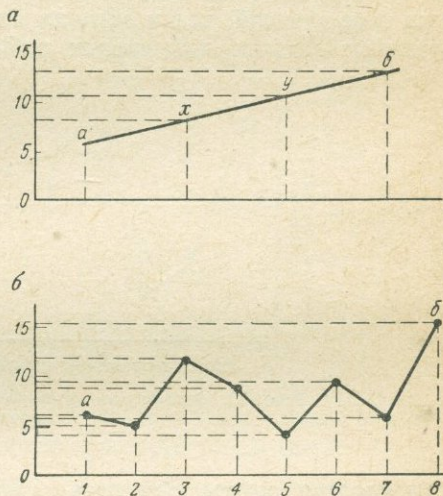


Рис. 37. Интерполяция наблюдений при прямолинейной (а) и скачкообразной (б) изменчивости показателя признака

не играет роли. Здесь вступает в силу закон больших чисел. Чем больше число точек наблюдений, тем точнее будет вычислено среднее значение показателя признака, и наоборот. Таким образом, случайная изменчивость определяет необходимое число наблюдений, но не расстояния между ними. Величина случайной изменчивости характеризуется размахом колебаний показателя признака относительно его среднего значения. Эти колебания (вариации) определяют степень изменчивости.

Для удобства сравнения степени изменчивости показателей признака по различным объектам необходимы числовые выражения как этих показателей, так и степени их изменчивости. В связи с этим в практике геологоразведочных работ в последнее время все чаще

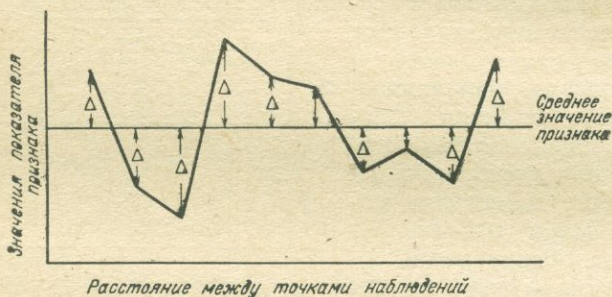


Рис. 38. Отклонения показателя признака от его среднего значения

применяется математическая статистика. Одним из показателей изменчивости является коэффициент вариации ( $v$ ), который отражает отклонения отдельных частных измерений показателя признака (мощности, содержания и т. д.) от его среднего значения (рис. 38).

### Коэффициент вариации

Коэффициент вариации вычисляется следующим образом. Составляется таблица, в которую вписываются результаты измерений и вычислений, например содержаний металла (табл. 6). Затем вычисляется среднее арифметическое значение содержания ( $\bar{c}$ ):

$$\bar{c} = \frac{\sum c_i}{n} \quad (3)$$

где  $c_i$  — значение содержания в частной пробе;  
 $n$  — число проб.

После этого производится вычисление разностей ( $\Delta c$ ) каждого частного значения содержания от его среднего значения:

$$\Delta c = c_i - \bar{c}. \quad (4)$$

Пример вычисления коэффициента вариации

№ п/п	№ пробы	Содержание в пробах $c_i$	Отклонение от среднего содержания $\Delta c = c_i - c$	Квадрат отклонения $(\Delta c)^2$
1	25	0,5	-0,3	0,09
2	26	0,2	-0,6	0,36
3	27	0,7	-0,1	0,01
4	28	0,3	-0,5	0,25
5	29	0,8	0,0	0,00
6	30	0,9	+0,1	0,01
7	31	1,1	+0,3	0,09
8	32	0,6	-0,2	0,04
9	33	0,9	+0,1	0,01
10	34	1,2	+0,4	0,16
11	35	1,0	+0,2	0,04
12	36	1,4	+0,6	0,36
	$n=12$	$\Sigma=9,6$		$\Sigma=1,42$

$$\bar{c} = \frac{9,6}{12} = 0,8$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,42}{11}} = 0,34$$

$$v_c = \frac{0,34}{0,8} \cdot 100 = 42,5\%$$

Затем эти разности возводятся в квадрат ( $\Delta c^2$ ) и суммируются ( $\Sigma \Delta c^2$ ). Далее определяется среднее квадратическое отклонение («стандарт»):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta c^2}{n-1}} \quad (5)$$

Среднее квадратическое отклонение, отнесенное к среднему содержанию и выраженное в относительных процентах, дает значение коэффициента вариации ( $v_c$ ):

$$v_c = \frac{\sigma}{\bar{c}} \cdot 100\% \quad (6)$$

Если число замеров показателя признака велико (большое число проб), то во избежание вычислительных операций по каждому значению содержания сначала производится группировка всех частных значений содержаний по отдельным классовым интервалам, затем составляется так называемая разносная решетка (табл. 7).

На основании этой разносной решетки составляется краткая подсчетная табл. 8. Вычислительные операции ведутся аналогично описанным выше и результаты вычислений коэффициента вариации по классовым группам такие же, как и по свободному ряду показателей признака.

Чем больше значение коэффициента вариации (чем выше степень изменчивости), тем большие погрешности могут быть при вычислении

Таблица 7

Вспомогательная таблица для вычисления  
коэффициента вариации (при большом  
количестве проб)

Классовый интервал содержания, %	Среднее значение содержания классо- вого интервала, %	Количество проб
0,01—0,10	0,05	1
0,11—0,20	0,15	3
0,21—0,30	0,25	4
0,31—0,40	0,35	7
0,41—0,50	0,45	8
0,51—0,60	0,55	12
0,61—0,70	0,65	13
0,71—0,80	0,75	20
0,81—0,90	0,85	31
0,91—1,00	0,95	19
1,01—1,10	1,05	10
1,11—1,20	1,15	9
1,21—1,30	1,25	6
1,31—1,40	1,35	5
1,41—1,50	1,45	2

Таблица 8

## Пример вычисления коэффициента вариации при большом количестве проб

№ п/п	Среднее содержание классового интервала $c$	Количе- ство проб $n$	$c \cdot n$	$\Delta c$	$\Delta c^2$	$\Delta c^2 \cdot n$
1	0,05	1	0,05	-0,75	0,5625	0,5625
2	0,15	3	0,45	-0,65	0,4225	1,2675
3	0,25	4	1,00	-0,55	0,3025	1,2100
4	0,35	7	2,45	-0,45	0,2025	1,4175
5	0,45	8	3,60	-0,35	0,1225	0,9800
6	0,55	12	6,60	-0,25	0,0625	0,8500
7	0,65	13	8,45	-0,15	0,0225	0,2925
8	0,75	20	15,00	-0,05	0,0025	0,0500
9	0,85	31	26,35	+0,05	0,0025	0,0775
10	0,95	19	18,05	+0,15	0,0225	0,4275
11	1,05	10	10,50	+0,25	0,0625	0,6250
12	1,15	9	10,35	+0,35	0,1225	1,1025
13	1,25	6	7,50	+0,45	0,2025	1,2150
14	1,35	5	6,75	+0,55	0,3025	1,5125
15	1,45	2	2,90	+0,65	0,4225	0,8450

$$\sum n = 150$$

$$\sum c \cdot n = 120,00$$

$$\sum \Delta c^2 \cdot n = 12,4350$$

$$\bar{c} = \frac{\sum c \cdot n}{\sum n} = \frac{120}{150} = 0,80 \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta c^2 \cdot n}{\sum n}} = \sqrt{\frac{12,4350}{150}} = 0,288$$

$$v = \frac{\sigma}{\bar{c}} = \frac{0,288}{0,80} 100 = 36\%$$

средних значений показателя. Поэтому при большей степени изменчивости число точек наблюдений должно быть достаточно большим. В этом легко убедиться, если рассмотреть формулу определения погрешности среднего арифметического ( $m$ ):

$$m = \pm \frac{\sigma^*}{\sqrt{n}}. \quad (7)$$

В относительных процентах погрешность выразится:

$$P = \pm \frac{m}{e} 100\%. \quad (8)$$

Если изобразить численность проб каждого классового интервала графически (рис. 39), то получится гистограмма, характеризующая распределение частот. Соединив вершины каждого классового интервала на гистограмме, получим кривую, которая называется вариационной, или кривой распределения. Класс, обладающий наиболь-

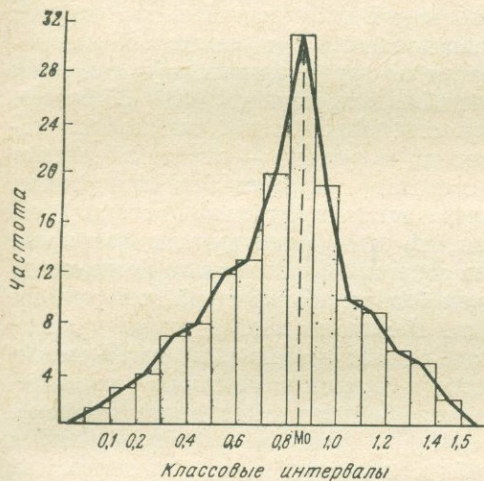


Рис. 39. Гистограмма и кривая распределения частот проб по классовым интервалам

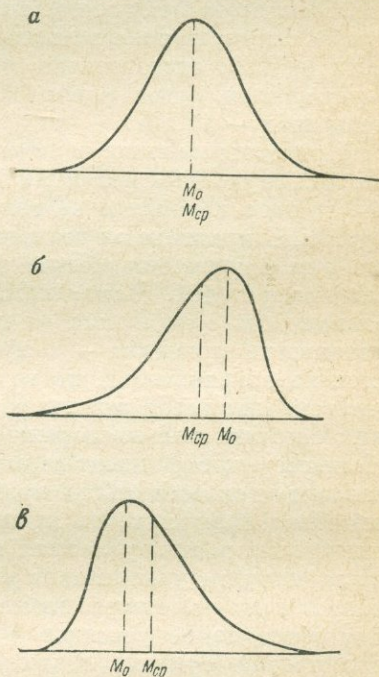


Рис. 40. Виды распределения показателя признака:

*a* — нормальное; *б* — асимметричное левостороннее; *в* — асимметричное правостороннее

шим числом проб, называется модальным, а среднее значение показателя признака этого класса (в точке пересечения ординаты с осью абсцисс) названа модой ( $M_0$ ). Симметричная кривая распределения, или кривая Гаусса (рис. 40, *a*), отражает закон нормального распределения показателей признака (свойства).

\* Вывод этой формулы можно найти в курсах теории вероятности и математической статистики.

Кривые распределения не всегда отвечают закону нормального распределения. На рис. 40, б, в показаны кривые распределения с левосторонней (отрицательной) и правосторонней (положительной) асимметрией. При правосторонней асимметрии среднее арифметическое ( $M_{cp}$ ) лежит правее моды ( $M_0$ ) и, наоборот, — левее у кривых с левосторонней асимметрией.

Кривые распределения показывают, какие могут быть значения показателя признака и частоту таких значений, или, иными словами, вероятность появления таких значений. Если частоту содержания какого-либо классового интервала разделить на общее число проб, то получим величину, которая характеризует вероятность появления проб с таким содержанием. Иногда вероятность выражают в процентах. Для этого полученное значение умножают на 100%. Например, пробы с содержанием металла 0,7—0,8% были встречены в 20 случаях из 150; следовательно, вероятность появления проб с таким содержанием будет равна  $20 : 150 = 0,133$ , или в относительных процентах — 13,3%.

Приведенные выше формулы математической статистики применимы при случайных явлениях (измерениях, анализах) и при условии, что каждое измерение не связано какой-либо зависимостью друг с другом. В практике же геологоразведочных работ изменение мощности или содержания обычно зависит от определенных геологических закономерностей. Часто можно наблюдать прямую или обратную зависимость содержания от мощности. Кроме того, показатель изменчивости признака — коэффициент вариации — отражает только степень изменчивости, но не ее характер. Следует отметить также, что величина коэффициента вариации зависит не только от геологических особенностей месторождения, но и от ряда других факторов. Например, коэффициент вариации содержания полезного компонента зависит от способа отбора проб: чем больше объемы проб, тем меньше значения коэффициента вариации. Величина исследуемого участка при прочих равных условиях также влияет на величину коэффициента вариации: с увеличением участка в большинстве случаев увеличивается и значение вариационного коэффициента, поскольку происходит объединение участков с различным характером оруденения и величинами средних содержаний, вследствие чего увеличиваются частные отклонения показателя признака от среднего.

Указанные выше недостатки не исключают возможности использования формул математической статистики в практике геологоразведочных работ, но в то же время требуют от геолога осторожного обращения с ними. Без соответствующего анализа геологических особенностей каждого конкретного месторождения применение формул может привести к ошибочным выводам и рекомендациям.

### Коэффициент корреляции

Как уже отмечалось, в практике геологоразведочных работ бывают случаи прямой или обратной зависимости различных признаков, например мощности и содержания, или двух полезных компонен-

тов в месторождениях, где содержание одного компонента находится в тесной связи с содержанием другого. Для характеристики этой корреляционной связи служит коэффициент корреляции ( $r$ ). Его значения могут изменяться от 0 до 1. При коэффициенте корреляции, равном 0, связи нет, при  $r = \pm 1$  — полная связь. Коэффициент корреляции может быть положительным, когда зависимость прямая, и отрицательным, когда зависимость обратная.

Для вычисления коэффициента корреляции применяется формула

$$r = \pm \frac{\sum A_x \cdot A_y}{\sqrt{\sum A_x^2 \cdot \sum A_y^2}}, \quad (9)$$

где  $A_x$  и  $A_y$  — отклонения частных значений измерений от их средней величины для одного и другого параметра.

Для удобства вычисления величин коэффициента корреляции составляют специальные таблицы, примером которых может служить табл. 9.

Корреляционный анализ играет важную роль при подсчете запасов. Некоторые рассеянные элементы не определяются в каждой пробе, а устанавливаются по корреляции с другими полезными

Таблица 9

Пример вычисления коэффициента корреляции

№ пробы	Содержание, %	Отклонения от среднего содержания $A_x$	Квадраты отклонений $A_x^2$	Мощность, м	Отклонения от средней $A_y$	Квадраты отклонений $A_y^2$	Произведение отклонений $A_x \cdot A_y$
25	10,5	+1,59	2,53	32	+4,5	20,25	+7,1
26	6,8	-2,11	4,45	36	+8,5	72,25	-17,9
27	6,7	-2,21	4,88	35	+7,5	56,25	-16,6
28	8,3	-0,61	0,37	28	+0,5	0,25	-0,3
29	27,2	+18,29	334,52	48	+20,5	420,25	+374,9
30	19,5	+10,59	112,12	56	+28,5	812,25	+301,8
31	8,4	-0,51	0,26	22	-5,5	30,25	+2,8
32	4,0	-4,91	24,11	20	-7,5	56,25	+36,8
33	22,4	+13,49	181,98	26	-1,5	2,25	-20,2
34	5,7	-3,21	10,30	20	-7,5	56,25	+24,1
35	3,9	-5,01	25,10	26	-1,5	2,25	+7,5
36	4,2	-4,71	22,18	18	-9,5	90,25	+44,7
37	2,7	-6,21	38,56	20	-7,5	56,25	+46,6
38	1,8	-7,11	50,55	14	-13,5	182,25	+96,0
39	1,6	-7,31	53,44	12	-15,5	240,25	+113,3
Сумма	133,7		865,40	413		2097,75	+1000,6
Среднее	8,91			27,5			

$$r = \frac{+1000,6}{\sqrt{865,4 \cdot 2097,75}} = +0,74$$

компонентами. Это помогает сократить расходы на химические анализы рассеянных элементов. Нередко объемный вес также устанавливается по корреляционной связи с содержанием полезного компонента.

### Изменчивость формы

Для правильного выбора методики разведки большое значение имеет форма объекта разведки и ее изменчивость. Часто изменчивость формы выражают через изменчивость мощности, когда тело полезного ископаемого претерпевает наибольшие изменения по мощности. Такой подход к изучению изменчивости справедлив для уплотненных тел полезных ископаемых, у которых этот размер является наименьшим.

План рудного тела

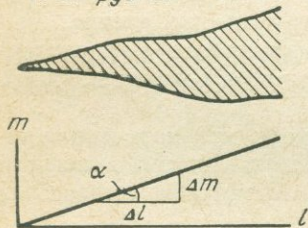


Рис. 41. Изменение мощности рудного тела в зоне его выклинивания (по П. Л. Каллистову)

Для тел изометричных следует анализировать изменчивость размеров в различных направлениях. Нередко анализу подвергаются не только линейная изменчивость, но и площадная путем замеров и сравнений площадей в вертикальных и горизонтальных разрезах.

Следует отметить, что мощность, особенно для крупных тел, обычно характеризуется плавными постепенными изменениями и, следовательно, ей присуща закономерная изменчивость (рис. 41).

Закономерная изменчивость мощности определяется приращением мощности ( $\Delta m$ ) на единицу длины ( $\Delta l$ ) и может быть выражена уравнением вида

$$\Delta m = a \Delta l, \quad (10)$$

где  $a$  — угловой коэффициент, равный  $\operatorname{tg} \alpha$ .

При случайной изменчивости мощности или площади расчеты показателей изменчивости ( $\sigma$ ,  $\nu$ ) следует проводить по формулам (5) и (6), приведенным выше.

Для характеристики формы тела в плане или в каком-либо сечении применим так называемый «контурный модуль», который отражает сложность очертания рудного тела отношением его периметра к периметру равновеликого по площади круга или других простых геометрических фигур (прямоугольник, эллипс и т. п.).

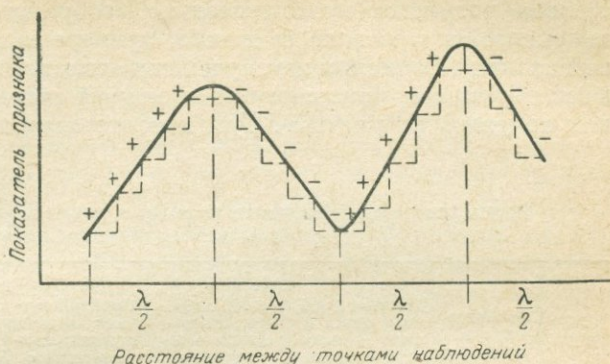
### Изменчивость качества

Изменчивость содержания или иных качественных показателей полезных ископаемых в практике разведочных работ бывает сложной. Как правило, она состоит из двух видов изменчивости — случайной и закономерной.

Случайная изменчивость может быть выражена через среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $\nu$ ), а закономер-

ная — величиной приращения содержания или иного качественного показателя на единицу длины. Длина участка, на котором прираще-

Рис. 42. Закономерная изменчивость показателя  
признак  $\frac{\lambda}{2}$  — длина  
полуволны



ние идет с одним знаком, называется длиной полуволны (рис. 42). Практически длины полуволн могут быть замерены между точками, в которых происходит перегиб кривой изменчивости.

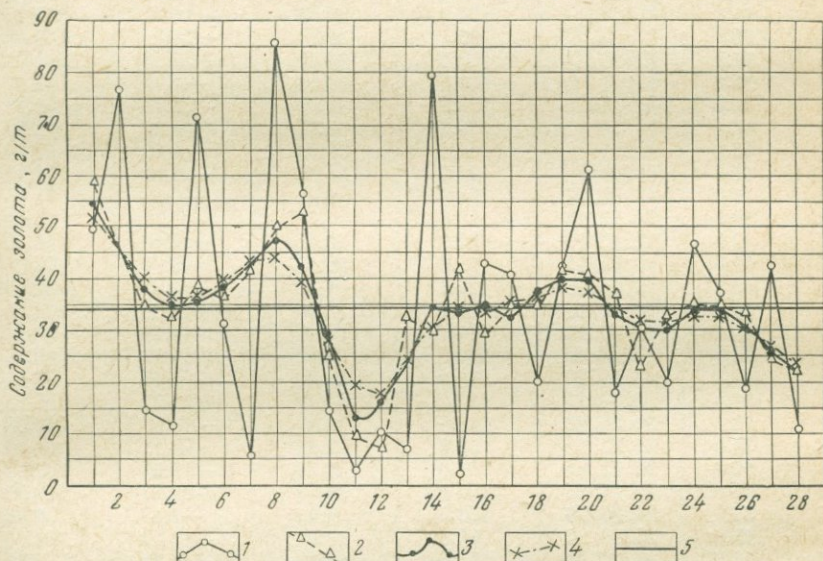


Рис. 43. Построение кривой регрессии содержания золота в жиле путем двукратного сглаживания его значений по пробам (по П. Л. Кадистову)

1 — значения содержаний по частным пробам; 2 — 3 — 4 — значения содержаний после первого, второго и третьего сглаживаний; 5 — уровень среднего содержания

Когда случайная изменчивость наложена на закономерную, происходит затупевывание последней. С целью разделения такой сложной изменчивости на составляющие применяется построение сглаженной кривой, называемой «кривой регрессии». Построение такой кривой осуществляется методом «скользящего окна». В результате

на графике изображаются разброс точек частных значений признака и некоторое усредненное их положение в координатах (рис. 43). Кривая регрессии приблизительно отображает ход закономерной изменчивости признака (в данном примере содержания золота в одной из жил). Величины же случайных отклонений признака определяются отрезками, измеряемыми от кривой регрессии по оси ординат, как показано на рисунке. Для характеристики случайной изменчи-

Таблица 10

Вычисление коэффициента вариации после первого сглаживания методом «скользящего окна»

№ п/п	Содержание в пробах с	Номера проб, входящих в окно первого сглаживания	Сумма содержаний в пробах, входящих в окно первого сглаживания	Содержание после первого приема сглаживания с <sub>1</sub>	c - c <sub>1</sub>	(c - c <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>
1	49,6	1, 1, 2	176,2	58,73	-9,13	83,35
2	77,0	1, 2, 3	141,4	47,13	+29,87	892,22
3	14,8	2, 3, 4	103,6	34,53	-19,73	389,27
4	11,8	3, 4, 5	98,4	32,80	-21,00	441,00
5	71,8	4, 5, 6	115,4	38,47	+33,33	1110,89
6	31,8	5, 6, 7	109,6	36,53	-4,73	22,37
7	6,0	6, 7, 8	124,2	41,40	-35,40	1253,16
8	86,4	7, 8, 9	149,3	49,77	+36,63	1341,76
9	56,9	8, 9, 10	158,1	52,70	+4,20	17,64
10	14,8	9, 10, 11	74,7	24,90	-10,10	102,01
11	3,0	10, 11, 12	28,4	9,47	-6,47	41,86
12	10,6	11, 12, 13	20,6	6,87	+3,73	13,91
13	7,0	12, 13, 14	97,2	32,40	-25,40	645,16
14	79,6	13, 14, 15	88,9	29,63	+49,97	2497,00
15	2,3	14, 15, 16	125,1	41,70	-39,40	1552,36
16	43,2	15, 16, 17	86,7	28,90	+14,30	204,49
17	41,2	16, 17, 18	104,4	34,80	+6,40	40,96
18	20,0	17, 18, 19	103,8	34,60	-14,60	213,16
19	42,6	18, 19, 20	124,2	41,40	+1,20	1,44
20	61,6	19, 20, 21	122,2	40,73	+20,87	435,55
21	18,0	20, 21, 22	110,6	36,87	-18,87	356,08
22	31,0	21, 22, 23	68,6	22,87	+8,13	66,10
23	19,6	22, 23, 24	97,6	32,53	-12,93	167,18
24	47,0	23, 24, 25	104,2	34,73	+12,27	150,55
25	37,6	24, 25, 26	103,4	34,47	-3,13	9,80
26	18,8	25, 26, 27	99,0	33,0	-14,20	201,64
27	42,6	26, 27, 28	73,0	24,33	+18,27	333,79
28	11,6	27, 28, 28	65,8	21,93	-10,33	106,71
	958,2			958,2		12691,41

$$c_{\text{ср}} = \frac{958,2}{28} = 34,22 \quad \sigma = \sqrt{\frac{12691,41}{28}} = 21,30$$

$$v = \frac{21,30 \cdot 100}{34,22} = 62,2\%$$

ности после каждого сглаживания вычисляется значение коэффициента вариации этих частных отклонений признака. Пример такого расчета приведен в табл. 10 после первого сглаживания распределения содержаний золота. Подобным же образом рассчитываются значения коэффициентов вариации после второго, третьего и четвертого сглаживаний.

Результаты вычислений стандарта и коэффициента вариации после всех четырех сглаживаний приведены в табл. 11 (по П. Л. Каллистову). Коэффициенты вариаций случайных отклонений признака оказываются близки между собой, но после второго сглаживания коэффициент имеет наименьшее значение, которое и будет служить характеристикой случайной изменчивости в сложном ее сочетании с изменчивостью закономерной.

Таблица 11

Изменение стандарта и коэффициента вариации в процессе четырех приемов сглаживания

Способ вычисления	$\sigma$	$v$
Вычисление обычным способом через отклонение содержания металла в пробах от среднего содержания	25,2	73,6
Вычисление через отклонение от кривой регрессии, построенной после первого приема сглаживания	21,3	62,2
То же после второго приема сглаживания	20,7	60,4
» » третьего » »	21,9	63,9
» » четвертого » »	22,4	65,5

Кроме способа П. Л. Каллистова, Л. И. Четвериковым (1968 г.) предложен иной графо-аналитический способ раздельного описания случайной и неслучайной изменчивости и имеются другие возможности разделения этих видов изменчивости с привлечением теории случайных функций.

### Прерывистость тел полезных ископаемых

Наряду с изменчивостью для характеристики оруденения большое значение имеет его выдержанность или устойчивость. В качестве показателя, отражающего суммарно рудную долю в пределах месторождения или его части, применяется коэффициент рудоносности ( $K_p$ ).

Коэффициент рудоносности может быть определен на основании измерений линейных, площадных и объемных величин и вычисляется соответственно как отношения  $\frac{l}{L}$ ,  $\frac{s}{S}$ ,  $\frac{v}{V}$ , где  $l$ ,  $s$ ,  $v$  — длина, площадь и объем скоплений промышленных руд, а  $L$ ,  $S$ ,  $V$  — общая длина, площадь и объем промышленного участка.

В практике разведочных работ наибольшее распространение получили выражения линейного и площадного коэффициента рудоносности. Объемный коэффициент используется очень редко, так как его определение на стадии разведки практически невозможно.

Значения коэффициента рудоносности изменяются от 1 до 0. При  $K_p = 1$  сплошное оруденение не имеет перерывов; при  $K_p = 0$  — промышленное оруденение отсутствует. Промежуточные значения позволяют судить о той или иной степени прерывистости промышленного оруденения. В. И. Смирновым (1957) значения коэффициента рудоносности были положены в основу классификации рудных тел по выдержанности оруденения:

- непрерывные тела  $K_p = 1$ ;
- слабо прерывистые  $K_p = 1 - 0,7$ ;
- сильно »  $K_p = 0,7 - 0,4$ ;
- крайне »  $K_p < 0,4$ .

Коэффициент рудоносности не отражает характера прерывистости.

В рудном теле может быть один перерыв промышленного оруденения или несколько, по площади равных одному; коэффициент же рудоносности в обоих случаях будет одинаков. Однако характер прерывистости в том и другом случае различный; различными будут размеры рудных скоплений и размеры промежутков между ними. Поэтому, характеризуя выдержанность оруденения, необходимо наряду с общей рудной площадью оценивать размеры рудных и безрудных участков. Для этой цели может служить другой коэффициент, который определяет прерывистость по числу и величине разрывов сплошности оруденения, получивший название коэффициента прерывистости ( $K_{пр}$ ).

$$K_{пр} = \frac{i}{K_p}, \quad (11)$$

где  $i$  — число перерывов оруденения.

### **Группировка месторождений полезных ископаемых для целей их разведки**

Все многообразие месторождений различных твердых полезных ископаемых может быть сведено в несколько групп, объединяющих месторождения общностью их методики разведки. Основными факторами, влияющими на методику разведки, являются форма, размеры и изменчивость основных свойств тел полезных ископаемых. Эти факторы и были положены В. М. Крейтером в основу группировки месторождений для целей разведки. Она предусматривает выделение 5 групп.

1-я группа. Эта группа включает крупные пластовые и пластообразные месторождения, отличающиеся простой формой с относительно равномерным распределением полезных ископаемых. Типичными представителями этой группы являются осадочные

месторождения железа, марганца, меди, угля, сланцев, соли, бокситов, многих строительных и огнеупорных материалов, россыпные месторождения золота, олова и вольфрама.

2-я группа. К ней относятся крупные месторождения различной формы и генезиса с неравномерным распределением полезных ископаемых. Представителями этой группы являются штокерковые месторождения цветных и редких металлов изометричной и удлиненной формы; залежи железных руд; донные залежи, штоки и поля вкрапленных руд хромитовых, титаномагнетитовых и медно-никелевых магматических месторождений; месторождения строительных камней.

3-я группа. Сюда относятся месторождения средней величины и разнообразной формы с неравномерным и весьма неравномерным распределением полезных ископаемых. Представителями этой группы являются большинство жильных, жиллообразных и линзообразных месторождений руд цветных и редких металлов, залежи цветных и редких металлов в скарнах, залежи силикатных никелевых руд коры выветривания.

4-я группа. Эта группа включает небольшие и реже средних размеров месторождения трубообразной формы, ветвящиеся залежи и жилы с весьма неравномерным распределением полезных компонентов. Представителями этой группы могут быть названы кимберлитовые алмазные трубки, полиметаллические трубки и жилы бериллоносных и оловоносных пегматитов, мелкие штоки шеелитовых руд в скарнах.

5-я группа. В эту группу входят мелкие месторождения, представленные гнездами, линзами, трубками, с крайне неравномерным распределением полезных минералов. Таковы платиноносные гнезда и трубки хромитов в дунитах, месторождения драгоценных камней, шеелитоносные и молибденоносные гнезда в скарных зонах, занорыши и погребя оптического кварца, кальцита и флюорита.

Принадлежность месторождения к той или иной из этих пяти групп позволяет наметить определенный подход к его разведке, выбрать систему разведки, установить соответствующую плотность сети. Месторождения первой группы, например, могут быть разведаны с плотностью сети меньшей, чем месторождения других групп. Их разведка может быть осуществлена в основном буровыми скважинами. Разведка месторождений пятой группы обычно сливается с эксплуатационно-подготовительными работами.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ

Современные технические средства разведки служат для проникновения на большие или меньшие глубины от дневной поверхности с целью получения данных о размерах геологических тел и качестве полезного ископаемого в недрах. Такие проникновения осуществляются тремя способами: путем проходки горных разведочных

выработок, при помощи бурения разведочных скважин, посредством геофизических измерений.

Соответственно этим трем способам технические средства разведки подразделяются на горнопроходческие, буровые и геофизические. В комплекс каждой из этих групп технических средств входят как машины и инструменты для проведения разведочных выработок, так и аппаратура и инструменты для документации, опробования и других исследований в процессе разведки.

Наиболее надежные разведочные данные получаются из горных выработок, где непосредственно можно выполнять любые наблюдения и исследования. Менее достоверные результаты дают наблюдения и исследования в буровых скважинах. И, наконец, весьма приблизительные представления о телах полезных ископаемых складываются в результате геофизических измерений, производимых при разведке в промежутках между разведочными выработками или в стороне от них. В то же время горные выработки являются наиболее трудоемкими и дорогими способами разведки. Бурение обычно дешевле и быстрее дает результаты. Самыми дешевыми и скорыми в исполнении являются геофизические методы, используемые в процессе разведки. В практике эти способы разведочных работ чаще всего комбинируются, взаимно дополняя и корректируя друг друга. Все они служат двум главным задачам разведочных работ — построению разведочных разрезов и опробованию полезного ископаемого.

### Горные разведочные выработки

Горные разведочные выработки применяются как для прослеживания тел полезных ископаемых по их выходам на поверхности, так и для вскрытия глубинных частей месторождения. Наиболее распространенными являются следующие горные разведочные [выработки].

**К а н а в ы** проводятся в рыхлых отложениях обычно до коренных горных пород. Они целесообразны до глубин 2—3 м. По длине канавы бывают короткими, от нескольких метров до 20—30 м, и длинными, или так называемыми «магистральными», которые проходятся на сотни метров, вскрывая рыхлые отложения на большой площади. Ширина канав принимается от 0,7 до 1 м. Исследования ведутся на почве канавы и по ее стенкам, если канава врежется на некоторую глубину в коренные породы.

**Ш у р ф ы** (д у д к и) и более глубокие вертикальные разведочные выработки, называемые разведочными шахтами (до 100 м глубиной), применяются для вскрытия пологих или крутопадающих залежей полезного ископаемого. Они служат либо только для разведочного пересечения залежи, либо играют роль подводящей выработки, из которой проходятся другие подземные разведочные выработки как по простиранию, так и по падению продуктивной зоны. Сечения мелких шурфов и дудок от 1 до 2 м<sup>2</sup>. Разведочные шахты проходятся с поперечным сечением 6—13,8 м<sup>2</sup>.

Штольни широко применяются в условиях расчлененного горного рельефа и служат для вскрытия месторождения на некотором горизонте. Они бывают двух видов: 1) прослеживающие тела полезного ископаемого или продуктивную зону по простиранию и 2) пересекающие залежь или зону вкрест простирания. Нормальные поперечные сечения разведочных штолен от 3,0 до 5,8 м<sup>2</sup>.

Наклонные шурфы (уклонки) проходятся для прослеживания плоского тела полезного ископаемого по падению на относительно небольшую глубину — на один-два горизонта. Такие выработки сечением 4—6 м<sup>2</sup> сравнительно редки в практике разведок ввиду более сложной их проходки, чем выработок горизонтальных или вертикальных.

Из штолен и шахт проходятся другие подземные горные выработки, образующие определенную разведочную сеть в горизонтальной или вертикальной плоскости. Обычными в разведочной практике являются следующие горные выработки, развивающиеся из разведочных шахт (шурфов) и штолен.

Квершлагги — горизонтальные выработки, идущие вкрест простирания тела полезного ископаемого или продуктивной зоны. Они обычно значительной длины и служат для соединения ствола шахты или штольни с другими подземными выработками (рис. 44).

Штреки — горизонтальные выработки, направленные вдоль тела полезного ископаемого или продуктивной зоны. Они подобно штольням прослеживают залежи по простиранию, и, если последние обладают небольшой мощностью, то штрек дает наиболее представительное сплошное горизонтальное обнажение. По мощным же телам полезного ископаемого или в случае параллельного расположения нескольких рудных жил или пластов из штрека проводятся поперечные выработки.

Орты (рассечки) — горизонтальные выработки, проходящие из штолен и штреков для пересечения мощного тела полезного ископаемого или серии параллельных тел в пределах продуктивной зоны (рис. 45). Орты проходятся через некоторые интервалы в зависимости от изменчивости морфологических свойств объекта разведки в продольном направлении.

Гезенки и восстающие — вертикальные и крутонаклонные подземные выработки поперечным сечением 2—4 м<sup>2</sup>, соединяющие соседние горизонты или играющие роль вертикальных рассечек для оконтуривания тела полезного ископаемого выше и

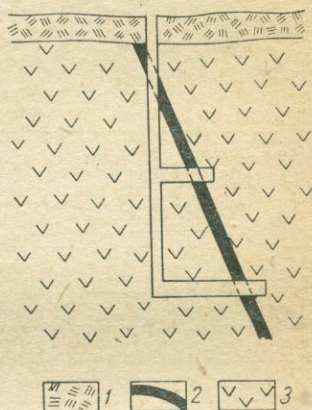


Рис. 44. Вскрытие крутонаклонного тела полезного ископаемого шахтой с квершлаггами  
1 — наносы; 2 — тело полезного ископаемого; 3 — вмещающие горные породы

ниже горизонта, на котором выполнено разведочное сечение при помощи горизонтальных выработок.

Все перечисленные горные выработки применяются главным образом в конечный период разведки месторождения и в процессе его отработки подземным способом, выполняя разведочные функции и служа эксплуатационным целям.

Трудность применения подземных горных выработок на разведках месторождений полезных ископаемых, особенно в начальный период разведки, заключается в том, что механизация их проходки во многих случаях оказывается слишком дорогой и громоздкой для разведочной партии, а проведение значительных подземных выработок

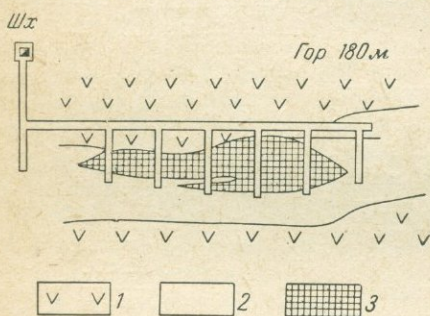


Рис. 45. Схематический план разведочного горизонта

1 — диориты; 2 — зона измененных пород; 3 — рудная залежь

вручную невозможно. Поэтому в стадию предварительной разведки обычно проходятся единичные, как правило, неглубокие подземные горные выработки и только тогда, когда начинается промышленное освоение месторождения, в период детальной и эксплуатационной разведки, все больше применяются подземные горные выработки. К этому времени уже появляются рудничные (шахтные) средства механизации — погрузочные машины, мощные компрессоры, электровозы, позволяющие наиболее эффективно проводить подземные горные выработки как для эксплуатации, так и для разведки. При отсутствии же развитой рудничной (шахтной) механической базы и в случае необходимости проходки подземных горных выработок исключительно для целей разведки применяется так называемая «малая механизация» горнопроходческих работ. Это приходится делать на разведках ценных, но весьма сложных и изменчивых месторождений полезных ископаемых. Средствами малой механизации являются передвижные легкие компрессоры и электростанции, простейшие механические подъемные устройства, переносные бурильные агрегаты с бензиновым приводом и др.

Технические средства для проходки легких приповерхностных горных выработок — канав и шурфов — представлены различного рода экскаваторами и бурильными машинами большого диаметра. Ниже дается краткая характеристика таких машин.

Для механизации проходки канав возможно применять роторные и траншейные экскаваторы, которые широко используются в строительстве. Краткая техническая характеристика таких канавокопателей приведена в табл. 12.

Применение механических канавокопателей целесообразно тогда, когда приходится проходить много канав значительной длины.

## Техническая характеристика экскаваторов, применяемых при проходке канав

Основные показатели	Роторный экскаватор ЭР-4	Траншейные экскаваторы		
		ЭТ-121	ЭТ-251	ЭТ-352
Сечение канавы, м:				
глубина . . . . .	1,8	1,2	2,5	3,5
ширина . . . . .	0,9	0,5	0,8	0,8
Число ковшей . . . . .	14	19	11	13
Емкость ковша, л . . . . .	50	12	45	45
Мощность двигателя, л. с.	80	54	54	54
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	320	110	150	150
Масса машины, т . . . . .	19,9	8,4	11	13,2

Если же объемы канавных работ невелики — меньше месячной производительности экскаватора, то доставка машины, уход и ремонт потребуют больше затрат, чем это необходимо для оплаты канавщикам без применения экскаватора.

Механическая проходка мелких шурфов в породах невысокой крепости может осуществляться при помощи бурильных машин большого диаметра, технические показатели которых приведены в табл. 13.

Таблица 13

## Техническая характеристика бурильных машин, применяемых при проходке мелких шурфов

Основные показатели	БИ-9	БИ-2	АВВ-5
Глубина бурения, м . . . . .	2,1	1,8	5—6
Диаметр шурфа, м . . . . .	0,4—0,7	0,4—0,6	0,5
Мощность двигателя, л. с. . . . .	52	20	—
Масса машины, т . . . . .	1,2	1,2	На автомобиле

Более глубокие вертикальные выработки могут проходиться в рыхлых водоносных породах при помощи копателя шахтных колодцев — КШК-30. Имеются и другие конструкции шурфопроходческих машин с использованием колонкового снаряда большого диаметра типа ТМ или БМН-860, которые позволяют проходить разведочные дудки диаметром 0,6—0,8 м до глубины 50 м.

Все сотрудники геологоразведочной организации, как участвующие в проходке горных разведочных выработок, так и ведущие в них наблюдения или исследования, должны строго соблюдать правила

безопасности, установленные в законодательном и административном порядке. Правила эти регламентированы для различных видов и условий работ и подробно изложены в книге «Единые правила безопасности при геологоразведочных работах».

Общими правилами безопасности работ в горной местности предусмотрены определенные требования к рабочему месту: ограждения ям и провалов, маркировка лавиноопасных зон, веревочные перила на тропах, аварийные склады; перевозка людей только в специально оборудованных автомашинах, вагонетках и подъемниках и др. Персонал геологоразведочной партии обеспечивается соответствующей спецодеждой и спецобувью, касками, предохранительными поясами, очками, противогазами и др.

Специальные правила безопасности в подземных и открытых горных выработках предусматривают многие предосторожности и меры, предупреждающие возможные опасности для человека. В горных выработках должно быть: достаточное освещение и вентиляция, ограждения электрокабелей и механизмов, сигнализация транспортная, производственная и аварийная. Особое внимание правила безопасности уделяют хранению и использованию взрывчатых материалов (ВМ). Взрывные работы разрешается вести только лицам, подготовленным для этого и имеющим «Единую книжку взрывника». Взрывник выполняет все работы, связанные с доставкой взрывчатых материалов со склада к месту работ, при этом детонаторы переносятся им лично; производит зарядку и отпалку; ликвидирует «отказы» (незоровавшиеся патроны). Для взрывных работ отводятся обычно определенные часы в течение суток. Места ведения взрывных работ ограждаются красными флажками или другими указателями на поверхности, а в подземных горных выработках устраивается специальная сигнализация. Обычно общая сигнализация о начале взрыва выражается в таких сигналах: продолжительный гудок (свисток) — предупреждающий, следующие два коротких являются боевыми, подаваемыми непосредственно перед взрывом. Третий сигнал — тройной — подается по окончании опасности от взрыва (отбой). При систематическом ведении взрывных работ устанавливаются места укрытия для людей, оказывающихся вблизи опасной зоны. Кроме самого взрыва опасными являются выделившиеся ядовитые газы. Поэтому в подземных горных выработках устанавливается срок проветривания, только по истечении которого разрешается доступ людей в выработки.

Условиями безопасного ведения работ по документации и опробованию разведочных горных выработок, а также других исследований в горных выработках в процессе разведки являются следующие:

1. Документация, опробование и другие исследования могут проводиться только в то время, когда в горной выработке не ведутся работы, связанные с ее проходкой.

2. Запрещается опробование забоев до ликвидации «отказов» очередной отпалки и при глубоких стаканах шпуров, в которых может остаться незоровавшаяся часть патронов.

3. Перед началом документации или опробования должна быть проверена атмосфера в выработке, особенно в старой заброшенной; в выработках, опасных по газу, что нередко имеет место при разведке угольных месторождений, проверка шахтного воздуха должна быть тщательная и в ряде случаев выполняться специальной аппаратурой.

4. Перед работой в подземной горной выработке проверяется устойчивость кровли и стенок, удаляются глыбы и «заколы»; в карьере должна проверяться устойчивость бортов и предотвращаться возможность падения камней с верхних уступов к месту работы.

5. В подземных выработках проверяется состояние крепи, лестниц, полков и в случае необходимости принимаются меры к устранению неисправностей.

### Буровые разведочные скважины

Разведочные скважины являются наиболее распространенным способом проникновения на глубину с целью получения сведений о наличии и об условиях залегания полезного ископаемого в недрах. В большинстве случаев при помощи бурения удается выяснить достаточно надежно и качество полезного ископаемого. Хотя буровые скважины дают менее точные сведения о залежах полезного ископаемого, чем горные выработки, однако разведочное бурение применяется весьма широко благодаря подвижности буровых агрегатов, скорости бурения выработки, относительно меньшим расходам денежных и материальных средств. Поэтому бурение приобретает все большее значение в связи с расширением разведок глубоко залегающих месторождений полезных ископаемых.

Колонковое бурение — наиболее распространенный вид буровых разведочных работ. Это механическое вращательное бурение кольцевым забоем бывает твердосплавным, алмазным и дробовым соответственно тому, какой применяется истирающий материал. Для пород мягких и средней крепости наиболее эффективны буровые коронки, армированные твердыми сплавами. Крепкие и очень крепкие породы следует разбуривать алмазами.

Сущность колонкового бурения состоит в разрушении горной породы в кольце под торцом буровой коронки при непрерывном действии осевой нагрузки и вращательного усилия. Разрушенные частицы горной породы выносятся с забоя скважины на земную поверхность промывочной жидкостью — водой или глинистым раствором, иногда воздушной струей. Жидкость или воздух, нагнетаемые в скважину под давлением, одновременно охлаждают режущий наконечник бурового снаряда.

Буровой агрегат состоит из трех основных частей: бурового станка, двигателя и насоса. Он монтируется на специальных площадках или на автомашинах под мачтой, которая предназначается для спуска и подъема бурового снаряда в скважине. Стационарные буровые

агрегаты устанавливаются на неподвижных фундаментах у глубоких скважин.

Главными преимуществами колонкового бурения являются: 1) возможность бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин любого направления и 2) получение керна — фактического каменного материала, характеризующего полезное ископаемое и геологический разрез. Кроме того, возможно колонковое многоствольное бурение путем принудительного искривления ствола скважины на определенных глубинах. Таким образом обеспечивается несколько разведочных пересечений из одного пункта на поверхности (рис. 46).

Важнейшим качественным показателем колонкового бурения является «выход керна», т. е. отношение длины добытого из скважины столбика горной породы к длине пробуренного интервала. Обычно в

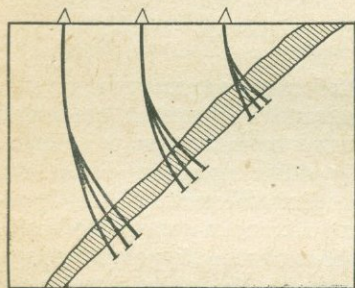


Рис. 46. Схема многоствольного кустового бурения.  
Заштрихована рудная жила

результате трещиноватости или рыхлости горной породы более или менее значительная часть керна истирается в скважине в процессе вращения там бурового снаряда и поэтому выход керна редко достигает 100%. Основная задача буровой бригады и геологического персонала на бурении — добыть возможно больше керна из скважины, особенно при перебуривании полезного ископаемого. С этой целью могут быть полезны следующие мероприятия: 1) бурение коронками большого диаметра; 2) уменьшение напора промывной струи до технически допустимого минимума;

3) бурение короткими уходками (0,5—0,8 м); 4) применение двойных колонковых труб; 5) затирка рыхлого материала на забое скважины всухую и др.

Выбор бурового агрегата прежде всего зависит от намечаемой глубины скважины. В табл. 14 приведены наиболее распространенные типы буровых установок, используемые в Советском Союзе. Все они могут работать наиболее эффективно в тех условиях, для которых станок предназначается. Однако ряд станков типа ЗИФ и некоторые другие довольно универсальны — могут успешно работать как на поверхности, так и под землей. Кроме того, для бурения в подземных горных выработках применяются специальные буровые станки малых габаритов. К ним относятся станки отечественного производства ГП-1 и БСК-2В-100.

Ударно-канатное бурение на разведочных работах применяется во многих случаях, когда не требуется получение керна. Этот вид бурения заключается в измельчении горной породы в скважине падающим снарядом большого веса. На конце снаряда крепится долото, которое, после каждого удара, скалывает часть забоя. После углубки скважины на 20—50 см бу-

## Классификация буровых установок в зависимости от глубины бурения

Глубина бурения, м	Типы буровых установок
До 50	УГБ-50А УПБ-25
50—100	БСК-2В-100 ГП-1
150—400	ЗИФ-300М; УРБ-ЗАМ; В-ЗАМ; УРБ-2А; УКБ-200/300; СБУ-300-ЗИВ
400—700	СБА-500; ЗИФ-650А; СБА-800
Свыше 700	СБА-800; ЗИФ-1200 МР; ЗИФ-1200А; ВИТР-2000; УРБ-4П

рение прерывается и скважина очищается от раздробленного материала (шлама).

Возможность бурить скважину только вертикально ограничивает применение ударно-канатного бурения. Но большие скорости проходки скважины по сравнению с колонковым бурением в крепких породах, особенно до глубины 150 м, делают ударное бурение более выгодным. Поэтому оно распространено на разведках неглубоко залегающих крупных массивов полезных ископаемых, чаще всего рудных штокверков. Ударное бурение нашло широкое применение на разведках россыпей, так как позволяет легко перебуривать рыхлые крупногалечные и валунные отложения. Успешно используется ударное бурение для проходки скважин на жидкие полезные ископаемые, прежде всего на воду.

В СССР для целей разведки твердых и жидких полезных ископаемых используются станки ударно-канатного бурения. Эти буровые агрегаты можно разделить на тяжелые (УКС-22, УКС-30с, БУ-20-2), которыми бурятся глубокие скважины и легкие (УА-75 и УА-150). Последние монтируются на колесном или гусеничном ходу и представляют собой самоходную буровую установку. Первые рассчитаны для бурения скважин глубиной более 600 м и диаметром от 600 до 100 мм. Легкие же станки предназначены для бурения неглубоких скважин — до 100—150 м.

Роторное и турбинное бурение является бескорневым и осуществляется сплошным забоем — первое при помощи мощных вращающих устройств на поверхности, а второе путем опу-

скания в скважину турбобура. Эти виды бурения применяются для глубоких и сверхглубоких скважин. В разведочной практике так бурится большинство скважин на нефть и газ.

Наиболее распространенными агрегатами для турбинного и роторного бурения являются установки: Уралмаш-3Д, Уралмаш-5Д, Уралмаш-4Э, Уралмаш-6Э, БУ-75Бр, БУ-200Бр.

Ручное медленное ударно-вращательное бурение осуществляется сплошным забоем, простейшими буровыми комплектами и при помощи некоторых механических приспособлений, облегчающих физический труд буровых рабочих. Этот вид бурения широко распространен там, где требуется проходить неглубокие (до 10—20 м) скважины в рыхлых или мягких породах. Близкоповерхностные россыпи, месторождения коры выветривания, торфяники, грунтовые воды разведываются обычно при помощи ручного медленного ударно-вращательного бурения.

В процессе бурения принципы удара и «завинчивания» инструмента чередуются: рыхлые и вязкие породы пробуриваются змеевиком (шнеком), встречающиеся при этом камни или твердые прослои пробиваются долотом.

Малая механизация ручного бурения осуществляется при помощи вибрационных приспособлений, ускоряющих продвижение бурового инструмента в скважине (БТ-9, ВПМ-2, ВБЛ-3); привода от автомашины к шнековым станкам (УГБ-50А, УПБ-25).

Все виды разведочного бурения оказываются эффективными лишь тогда, когда представляется возможным получить достаточно достоверные данные о геологическом разрезе и качестве полезного ископаемого, т. е. когда получаются надежная документация и представительный материал для проб.

На буровых работах должны соблюдаться определенные правила безопасности, которые обязательны для всех лиц, работающих на буровой вышке и вблизи нее. Общие требования относительно устройства буровой вышки заключаются в том, что последняя должна быть устойчивой и прочной, в зимнее время утеплена, должна иметь два выхода, исправные лестницы с двумя перилами. Специальные требования предусматривают обязательное ограждение движущихся частей станков и других машин, предохранительные устройства на подъемниках, исключающие возможность произвольного падения снаряда. Контрольно-измерительные приборы (мониторы и др.) подлежат систематической проверке и опломбируются. При бурении на нефть и газ в устье скважины монтируют предохранительные устройства (превентера) и ведется постоянное наблюдение за давлением жидкости и газа в скважине. К управлению буровым агрегатом допускаются только лица, имеющие специальную подготовку. Кроме того, в каждом конкретном случае устанавливаются соответствующие требования пожарной охраны: условия хранения горючих жидкостей и изоляция электрических сетей, требования к установке отопительных устройств, режим для курящих и др. Каждая вышка оснащена противопожарным инвентарем.

## Геофизические методы

Геофизические методы как способы разведки месторождений полезных ископаемых получили широкое развитие в современном разведочном деле. Результаты геофизических исследований весьма важны для составления разведочных разрезов и для оконтуривания площади распространения полезного ископаемого, особенно в начальный период разведки, до проходки выработок.

Для прослеживания и оконтуривания отдельных тел полезных ископаемых или продуктивных площадей как в плане, так и в разрезах используются различные геофизические методы. Сущность этих методов и подробности их применения, а также соответствующая аппаратура описаны в специальных курсах прикладной геофизики. Здесь излагаются только краткие сведения о применении методов геофизики для решения некоторых разведочных задач и о полученных результатах.

Гравиметрические работы крупных масштабов на земной поверхности дают возможность очерчивать рудные поля и отдельные крупные залежи полезных ископаемых по контурам аномалий силы тяжести. Четко оконтуриваются образования с повышенной избыточной плотностью, такие, как железорудные месторождения Кривого Рога, залежи хромита, медноколчеданные тела, богатые свинцово-цинковые залежи, как, например, подводное Горевское месторождение, оконтуренное гравиметрической съемкой на льду р. Ангары.

В подземных горных выработках используются гравиметр и гравитационный вариометр для выявления тел полезных ископаемых между горными выработками. При этом, если центр тяжести массивного рудного тела расположен ниже горизонта наблюдений, то оно отмечается положительной гравитационной аномалией, если выше — аномалия получается отрицательная.

Магнитометрические работы позволяют оконтуривать рудоносные зоны и отдельные тела с высокой точностью, если магнитные их свойства резко отличаются от свойств окружающих горных пород. Комплексные магнитометрические и гравиметрические исследования, проведенные в 1933—1934 гг. на площадях Курской магнитной аномалии (КМА), позволили подсчитать запасы железных руд одного из участков в количестве 145 млн. т, а запасы более бедных железистых кварцитов Лебединского узла по данным геофизики были определены в сумме 8,5 млрд. т. Первая же буровая скважина в районе Старого Оскола подтвердила наличие рудного тела большой мощности. Так впервые в СССР были применены геофизические средства для разведки железорудных месторождений, давшие практический результат.

Магнитометрические работы позволяют оконтуривать крупные залежи медно-никелевых руд, обладающие повышенной магнитностью благодаря присутствию в них пирротина. Хорошие результаты дает магнитометрия для оконтуривания алмазоносных кимберлитовых

трубок в Якутии. Ряд выходов этих трубок, отмеченных аэромагнитной съемкой, затем был детально очерчен наземными крупномасштабными магнитометрическими работами.

Сейсмометрические работы в процессе разведки хотя и играют вспомогательную роль, но имеют большое значение для выявления и оконтуривания залежей нефти и солей в сложных структурных условиях. Многие залежи нефти были оконтурены сейсмометрическим методом. Соляные купольные образования успешно очерчиваются сейсмометрией — методом регулируемого направленного приема (РНП) с последующей проверкой единичными буровыми скважинами, что предохраняет залежи солей от порчи, неизбежной при бурении многочисленных скважин.

Электрометрические работы являются наиболее распространенным видом геофизических исследований в процессе разведки разнообразных месторождений полезных ископаемых. Для изучения структуры месторождения успешно применяются детальные измерения методами электропрофилирования и естественного поля. Для выявления, оконтуривания, установления элементов залегания отдельных тел или их частей применяются методы заряженного тела, вызванной поляризации и радиопросвечивания.

Применение других методов электрометрии в процессе разведки также иногда дает возможность составить представление о пространственном положении и размерах тел полезных ископаемых. Так, методом съемки срединного градиента прослеживались слюдоносные пегматитовые жилы в Восточной Сибири, длина которых при этом определялась с погрешностью 10—15%.

Все перечисленные способы разведки месторождений полезных ископаемых с применением геофизических технических средств имеют одну общую особенность, отличающую их от способов разведки при помощи горных разведочных выработок или буровых скважин.

Геофизические методы могут применяться для разведки глубинных частей месторождения, для прослеживания и оконтуривания залежей полезных ископаемых только в сочетании с проходкой хотя бы единичных буровых скважин или подземных горных выработок. Без последних, позволяющих установить качество полезного ископаемого и значение геофизической аномалии, геофизические способы не могут дать исчерпывающего решения задач разведки. Поэтому на практике они всегда комплексуются со способами разведки при помощи горных выработок или буровых скважин, с минералого-петрографическими и химическими исследованиями тел полезных ископаемых и вмещающей среды.

#### 4. ПРОСЛЕЖИВАНИЕ И ОКОНТУРИВАНИЕ

Как уже отмечалось, главной задачей разведочных разрезов является определение формы рудного тела и его размеров, т. е. количества полезного ископаемого. Для этой цели ведутся наблюдения по естественным и искусственным обнажениям и по определенной си-

стеме проходятся горные выработки и буровые скважины. Чтобы иметь представление об объеме рудного тела, необходимо получить несколько разрезов. Лучше всего, если разрезы будут расположены параллельно друг другу, поэтому и выработки должны задаваться с таким расчетом, чтобы они располагались в параллельных плоскостях. Разрезы обычно ориентируются по направлению максимальной изменчивости основных параметров тела полезного ископаемого. Этим обеспечивается наиболее полное выяснение всех особенностей в строении тела и вмещающих его пород.

Для различных типов месторождений направление максимальной изменчивости может быть различным. Так, для тел пластового и жильного типов, у которых два размера большие, а один малый, направление максимальной изменчивости обычно совпадает с направлением мощности. Поэтому разведочные разрезы задаются вкрест простирания рудного тела.

Для тел изометричной формы направление разведочных разрезов, особенно на ранних стадиях разведочных работ, когда неизвестно направление максимальной изменчивости, значения не имеет. Не исключено, что на стадии детальной разведки ориентировка разведочных разрезов может быть изменена на основе изучения изменчивости по данным предварительной разведки.

Для рудного тела трубообразной формы (один размер большой, а два других малые) плоскости разрезов должны быть перпендикулярны его длинной оси. В зависимости от положения трубообразного тела в пространстве разрезы могут быть вертикальными или горизонтальными (рис. 47).

В зависимости от положения выработок в разрезах и самих разрезов различаются образованные разведочными выработками правильные сети: квадратная, прямоугольная, ромбическая (рис. 48). Прямоугольные сети обычно применяются для разведки удлиненных тел полезных ископаемых или тех, которые обладают резко различной изменчивостью в двух направлениях. В этих случаях короткая сторона прямоугольника ориентируется по направлению наибольшей изменчивости объекта разведки, в частности — поперек удлиненного тела. Наиболее распространенная в практике сеть квадратная. Она применима для разведки тел любой формы, особенно в самом

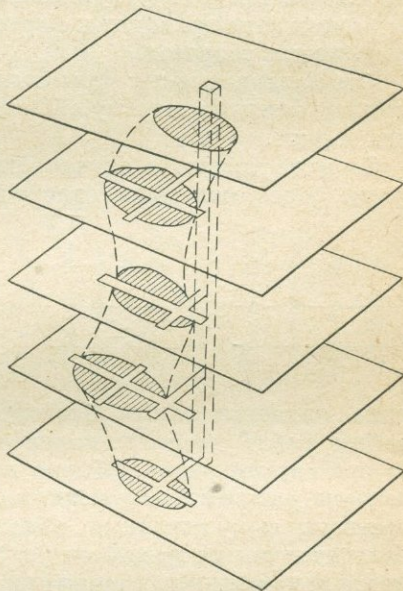


Рис. 47. Схема горизонтальных разведочных разрезов по крутонападающему трубообразному рудному телу

начале разведочных работ, когда еще не выявились направления наибольшей изменчивости месторождения или отдельных залежей.

В процессе разведочных работ форма сети может изменяться с превращением сети одного вида в другой. Например, разведка, начатая прямоугольной сетью, может потребовать более равномерного расположения разведочных пересечений, и тогда при сгущении сети путем проходки дополнительных выработок по промежуточным профилям прямоугольная сеть превращается в квадратную. В другом случае проходка сгущающих пересечений в серединах квадратных ячеек сети приводит к формированию новой сети с другими направлениями разрезов.

Прослеживание тел полезных ископаемых всегда сопровождается оконтуриванием, поэтому оба эти понятия целесообразно рассматривать вместе.

Следует различать случаи, когда выходы на поверхность не перекрыты более молодыми отложениями. Отсутствие перекрывающего

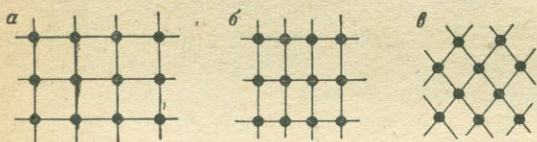


Рис. 48. Виды правильных разведочных сетей

а — квадратная; б — прямоугольная; в — ромбическая

чехла является самым благоприятным случаем, позволяющим без особых работ провести картирование выходов и их опробование. Но эти случаи редки. Обычно выходы тел полезных ископаемых перекрыты рыхлыми отложениями и для их изучения приходится создавать искусственные обнажения. Если отложения (наносы) незначительны по мощности (до 3—4 м), вскрытие выходов осуществляется канавами или траншеями, в которых появляется возможность получить сведения о размерах тел полезных ископаемых и начинать их прослеживание.

Для месторождений жильного типа прослеживание жил осуществляется поперечными канавами последовательно на всю их длину (см. рис. 49). Прослеживающие каналы проходят через определенное расстояние, зависящее от протяженности жилы и изменчивости основных ее свойств. Обычно это 30—40 м, но в ряде случаев эти расстояния уменьшаются до 10—15 м. Дальнейшее сгущение канав, как правило, нецелесообразно. Длина поперечных канав при прослеживании одиночных жил составляет 5—10 м. В их задачу входит вскрытие жил, которые затем документируются и опробуются. Наряду с самой жилой вскрываются и вмещающие породы, нередко содержащие промышленное оруденение, поэтому они также подлежат документации и опробованию.

В случае необходимости более детального прослеживания приходится переходить на сплошное вскрытие жилы (непрерывное прослеживание). Непрерывное прослеживание (см. рис. 49) применяется в тех случаях, когда общая структурная обстановка довольно сложная.

Например, трудно увязать отдельные редкие пересечения жильного тела и нет уверенности, что поперечными канавами вскрывается одна и та же жила. Канавы в этом случае проходятся вдоль жильного тела, освещая всю его мощность. Непрерывное прослеживание позволяет изучить поведение жилы на всем ее протяжении, провести детальное

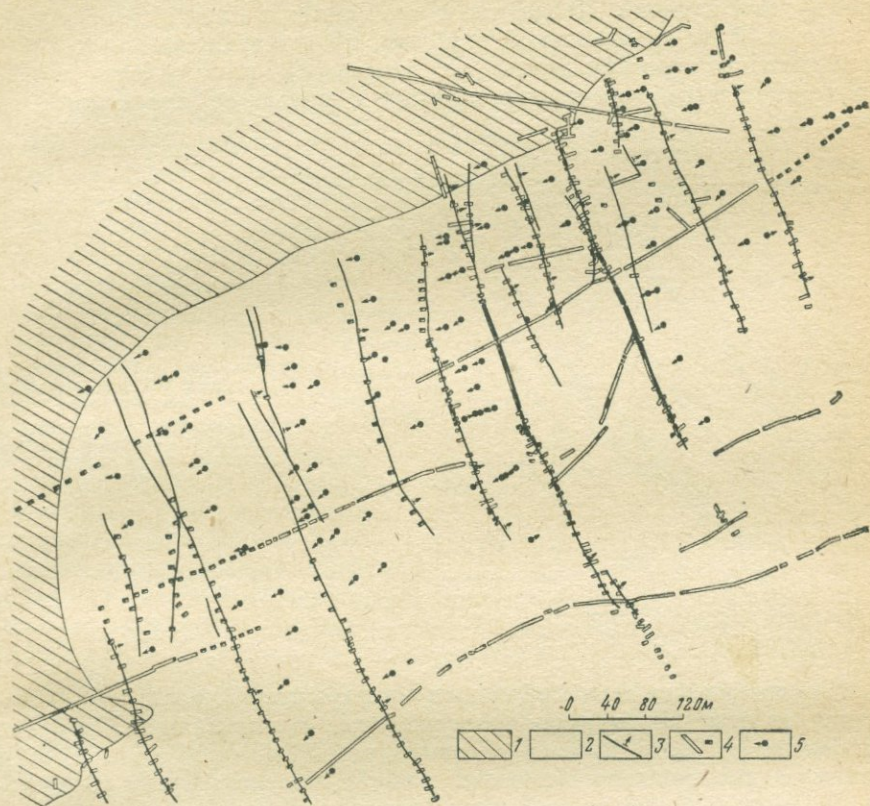


Рис. 49. Вскрытие и прослеживание рудных жил на участке вольфрамового месторождения  
 1 — метаморфические сланцы; 2 — граниты; 3 — рудные жилы; 4 — разведочные канавы и шурфы; 5 — буровые скважины

ее опробование и, следовательно, получить необходимые данные об изменчивости основных ее свойств. Однако непрерывное прослеживание возможно при малой мощности жильных тел, которые уместаются в габариты выработки. При большой мощности иногда применяются широкие расчистки, но это связано с большим объемом горных работ и, следовательно, с большими затратами средств. Поэтому при большой мощности жил непрерывное прослеживание применяется реже.

При наличии мощных наносов (более 4—5 м) прослеживание осуществляется с помощью шурфов, которые задаются по линиям

(будущее направление разведочных разрезов) вкрест простирания и по простиранию (рис. 49). Первые осуществляют поисковые функции, вторые — прослеживающие. В зависимости от угла падения жилы могут применяться или только одни шурфы до пересечения с жилой в случае пологого угла падения, или шурфы с квершлагами при крутом падении. Последние применяются в случае, если шурф, пройденный до определенной глубины, не встретил жильного тела. При сложном строении жилы из квершлага или самого шурфа проходятся выработки по простиранию с целью ее прослеживания (рис. 50).

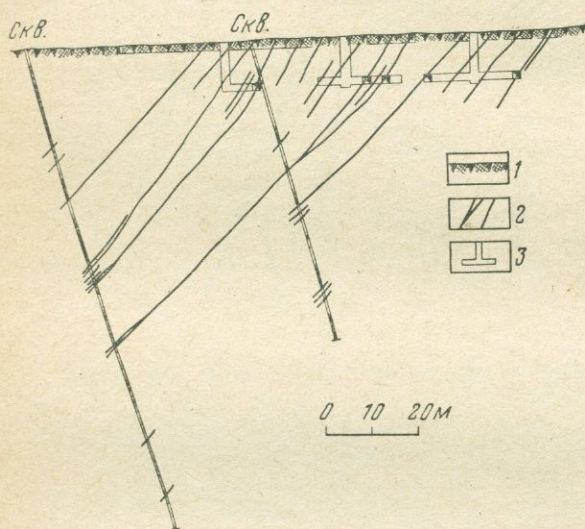


Рис. 50. Прослеживание жильных тел под наносами и на глубине

1 — наносы; 2 — рудные жилы; 3 — шурфы с квершлагами и рассечками из них

Прослеживание пластообразных месторождений мало чем отличается от описанного выше прослеживания жильных тел. Учитывая относительно более простое строение месторождений этого типа и меньшую изменчивость основных свойств, прослеживание их выходов возможно более редкой сетью канав или шурфов.

Для тел изометричной формы прослеживание с поверхности осуществляется при малой мощности наносов серией взаимно перпендикулярных канав, а при большой их мощности эту функцию выполняют шурфы, пройденные по определенной сетке.

При большой мощности наносов, достигающей нескольких десятков метров, для прослеживания применяются буровые скважины.

Прослеживание не есть специфическая операция изучения поверхности месторождения. Оно ведется и при изучении глубоких горизонтов. Для этой цели проходятся специальные горные выработки — штреки при малой мощности рудных тел (прослеживание непрерывное — рис. 51), при значительной мощности рудных тел из штреков задаются орты (рассечки) до полного пересечения мощности рудных тел (см. рис. 45). Это в какой-то степени напоминает прослеживание поперечными канавами на поверхности. В ряде случаев

вместо ортов проходятся буровые скважины в целях сокращения объема дорогостоящих горных выработок.

В результате прослеживания устанавливаются границы залежей, т. е. эта операция завершается оконтуриванием тел. Различают три способа оконтуривания: 1) оконтуривание в результате непрерывного прослеживания; 2) проведение контуров путем интерполяции и 3) проведение контуров путем экстраполяции. Первый способ наиболее надежный, так как границы тел в этом случае не требуют последующих уточнений. Наиболее часты случаи оконтуривания путем интерполяции, т. е. проведения контуров между двумя соседними выработками или скважинами, вскрывшими границу залежи полезного ископаемого. Точность проведения контура этим способом зависит от расстояния между выработками. В краевых частях рудного тела контуры проводятся обычно по способу экстраполяции. Этот контур проводится за пределами выработок, вскрывших промышленное оруденение, и отражает представления разведчика о возможном его расположении.

Наиболее правильное оконтуривание по способу экстраполяции считается таким, при котором контуры обоснованы геологически. Например, приуроченность промышленного оруденения к определенным стратиграфическим горизонтам или границы его определяются каким-либо экраном, либо тектоническим нарушением (рис. 52). Тела полезного ископаемого часто не имеют четких геологических границ, а на ранних стадиях разведки даже если они и есть, то плохо изучены. Поэтому на практике применяют формальные способы оконтуривания до некоторых условных границ.

Уже на ранних стадиях разведочных работ желательно хотя бы приблизительно знать общие контуры месторождения или тела полезного ископаемого. С этой целью развитие сети разведочных выработок осуществляется двумя основными способами: редкой сетью и «крестом». Выработки, пройденные по редкой сети (квадратной или прямоугольной) до выклинивания промышленного оруденения, позволяют провести оконтуривание по способу интерполяции

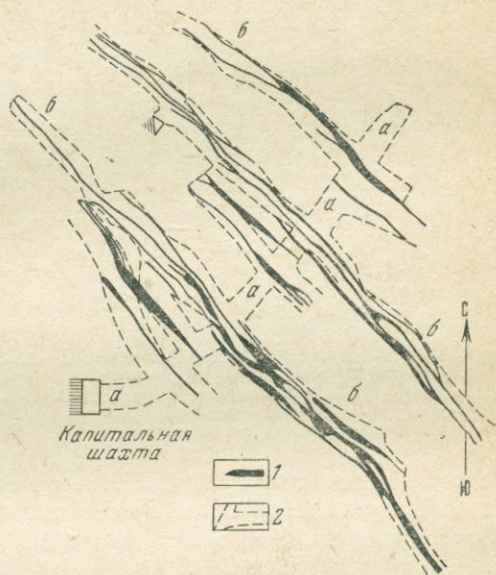


Рис. 51. Прослеживание рудных жил на разведочном горизонте

1 — кварцеворудные жилы; 2 — контуры горных выработок: а — кваршлаг; б — штреки

(рис. 53, а). При способе «креста» выработки располагаются в двух взаимно перпендикулярных разведочных профилях также до выклинивания промышленного оруденения. Оконтурирование при этом способе осуществляется в профилях интерполяцией, а между ними — экстраполяцией (рис. 53, б).

От способа оконтурирования зависит достоверность как самих контуров, так и подсчитанных в их пределах запасов. Непрерывное прослеживание, как было показано, обеспечивает наиболее надежные контуры, а интерполяция и экстраполяция менее точны. В процессе разведочных работ согласно принципу последовательных приближений

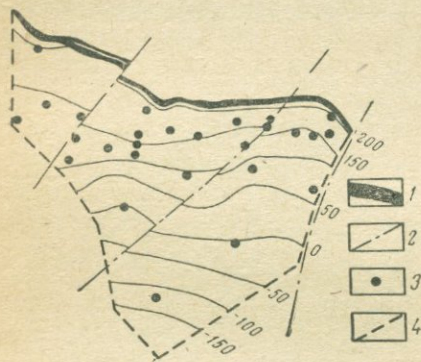


Рис. 52. Проведение предполагаемого контура пласта по тектоническому нарушению  
1 — выход пласта; 2 — линии тектонических нарушений; 3 — буровые скважины; 4 — линия предполагаемого контура

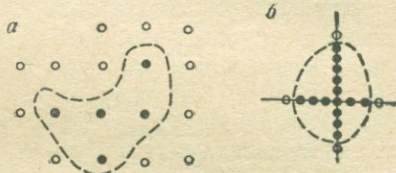


Рис. 53. Способы оконтурирования тел полезных ископаемых:  
а — сетью разведочных выработок; б — способом «креста».

участки, где границы были определены на ранних стадиях способом экстраполяции, при дальнейшей разведке уточняются и могут уже устанавливаться способом интерполяции или непрерывным прослеживанием.

## 5. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Всякие измерения в разведочных выработках и определения качества полезного ископаемого производятся с некоторой степенью точности, а интерполяция и экстраполяция данных, полученных по разведочным выработкам, на прилежащие к ним участки таят в себе возможность существенных ошибок. Поэтому всегда имеет место более или менее значительное расхождение между подсчитанными и действительными запасами полезного ископаемого в пределах месторождения или его части. Величина отклонения запасов, подсчитанных по данным разведки, от действительных зависит от сложности формы тела полезного ископаемого и степени изменчивости его качества. Чем сложнее форма тела, чем выше степень изменчивости качества полезного ископаемого и чем менее детально оно разведано, тем ниже достоверность величины подсчитанных запасов. Различие запасов полезного ископаемого по степени их достоверности в зависимости от разведанности и изученности частей месторождения и составляет

сущность классификации запасов — разделения их на несколько категорий. Кроме степени достоверности величины запасов для отнесения их к той или иной категории учитывается достоверность данных о технологических свойствах полезного ископаемого и горно-технических условиях его эксплуатации. Ниже приводятся основное содержание действующей классификации запасов твердых полезных ископаемых и понятия о классификациях запасов жидких и газообразных полезных ископаемых.

### Классификация запасов твердых полезных ископаемых

Общими положениями классификации запасов предусмотрены единые принципы подсчета и учета запасов, которые выражаются в раздельном подсчете запасов каждого вида полезного ископаемого, в подсчете запасов по всему комплексу полезных компонентов, в подсчете запасов в недрах без вычета потерь при добыче и переработке, в установлении подсчетных и учетных единиц.

Согласно действующей классификации запасы твердых полезных ископаемых подразделяются на две группы: балансовые, т. е. пригодные для использования, и забалансовые, которые в настоящее время не могут быть использованы. Каждая из этих групп в свою очередь может быть подразделена на запасы различных категорий по степени их разведанности и достоверности.

Категории запасов имеют индексы А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> и характеризуются следующими условиями.

*Категория А* — запасы разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей полное выяснение условий залегания, форм и строения тел полезного ископаемого, природных типов и промышленных сортов минерального сырья, их соотношения и пространственного положения, выделение и оконтуривание безрудных и некондиционных участков внутри тел полезного ископаемого, полное выяснение качества, технологических свойств полезного ископаемого и природных факторов (гидрогеологических, инженерно-геологических и др.), определяющих условия ведения горно-эксплуатационных работ. Контур запасов полезного ископаемого определен скважинами или горными выработками.

*Категория В* — запасы разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение основных особенностей условий залегания, форм и характера строения тел полезного ископаемого, выявление природных типов и промышленных сортов минерального сырья и закономерностей их распределения без точного отображения пространственного положения каждого типа, выяснение соотношения и характера безрудных и некондиционных участков внутри тел полезного ископаемого без точного их оконтуривания, выяснение качества, основных технологических свойств полезного ископаемого и основных природных факторов, определяющих ведение горно-эксплуатационных работ. Контур запасов полезных ископаемых определен по

данным разведочных выработок с включением, при устойчивой мощности и выдержанном качестве полезного ископаемого, ограниченной зоны экстраполяции.

**Категория  $C_1$**  — запасы разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания, формы и строения тел полезного ископаемого, его природных типов, промышленных сортов, качества, технологических свойств, а также природных факторов, определяющих условия ведения горно-эксплуатационных работ. Контур запасов полезных ископаемых определен на основании разведочных выработок и экстраполяции по геологическим и геофизическим данным.

**Категория  $C_2$**  — запасы, предварительно оцененные; условия залегания, формы и распространение тел полезного ископаемого определены на основании геологических и геофизических данных, подтвержденных вскрытием полезного ископаемого в отдельных точках, либо по аналогии с изученными участками. Качество полезного ископаемого определено по единичным пробам и образцам или по данным примыкающих разведанных участков. Контур запасов полезных ископаемых принят в пределах геологически благоприятных структур и комплексов горных пород.

**Прогнозные запасы** — это предполагаемые на основе общих геологических представлений потенциально возможные

запасы в пределах рудных зон, полей, бассейнов без установления контуров их распространения и без аналитического определения качества полезного ископаемого.

Пример отнесения запасов к различным категориям приведен по крутопадающей рудной жиле, разведанной в верхней части системой горных выработок (рис. 54). В этом довольно типичном примере к категории А отнесены запасы руды в блоках, ооконтуренных со всех сторон разведочными выработками; к категории В — запасы, ооконтуренные с трех сторон выработками; к категории  $C_1$  — запасы экстраполированные, опирающиеся на отдельные пункты горных выработок, вскрывших рудную жилу; к категории  $C_2$  — запасы экстраполированные по геологическим соображениям ниже блоков запасов категории  $C_1$  («подвешенные» к запасам категории  $C_1$ ).

Запасы категорий А, В и  $C_1$  называются промышленными, а категории  $C_2$  и прогнозные — геологическими. Первые служат для обоснования вложения средств в строительство горных предприятий. Запасы же геологические позволяют только решить вопрос о целесообразности проведения дальнейших геологоразведочных работ и определить необходимые ассигнования на эти работы.

Согласно принятым положениям о передаче разведанного место-

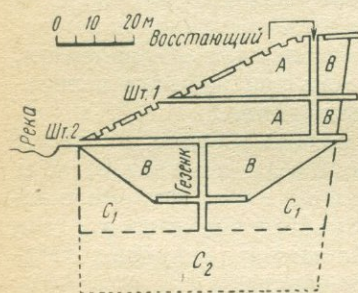


Рис. 54. Схема блокировки запасов руд крутопадающей жилы по категориям в продольной проекции на вертикальную плоскость

рождения или его части для промышленного использования и выделения капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих горных предприятий балансовые запасы промышленных категорий должны быть утверждены Государственной комиссией по запасам (ГКЗ). При этом установлены три группы месторождений по сложности их геологического строения, для которых требуются соответствующие соотношения различных категорий запасов, определяющие целесообразную степень разведанности месторождений по каждой из этих трех групп.

**Г р у п п а 1.** К этой группе относятся месторождения (участки) простого строения с выдержанной мощностью тел полезных ископаемых и равномерным распределением полезных компонентов. Для месторождений этой группы не менее 30% запасов должно быть разведано по категориям А и В, в том числе не менее 10% по категории А. Значительное превышение количества разведанных запасов категорий А и В по сравнению с указанным пределом без должного обоснования нецелесообразно, за исключением небольших месторождений, разработка которых производится без эксплуатационной разведки.

**Г р у п п а 2.** К ней относятся месторождения (участки) сложного строения с невыдержанной мощностью тел полезных ископаемых или неравномерным распределением полезных компонентов, на которых выявление запасов категории А в процессе детальной разведки нецелесообразно вследствие очень высокой стоимости разведочных работ. Для месторождений этой группы не менее 20% запасов должно быть разведано по категории В.

**Г р у п п а 3.** К данной группе относятся месторождения очень сложного строения с резко изменчивой мощностью тел полезных ископаемых или исключительно невыдержанным содержанием полезных компонентов, на которых в процессе разведки нецелесообразно выявлять запасы категории В. Проектирование горнодобывающих предприятий и выделение капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих предприятий допускается на базе запасов категории С<sub>1</sub>.

### **Классификация запасов жидких полезных ископаемых**

Классификации запасов жидких полезных ископаемых отличаются от рассмотренной классификации запасов твердых полезных ископаемых некоторыми особенностями. Здесь эти классификации подробно не рассматриваются и их характеристика дается лишь в общих чертах.

В классификации запасов нефти и газа учету подвергаются лишь те запасы, которые могут быть извлечены из недр на современном уровне развития техники, т. е. извлекаемые запасы. Таким образом, нефть и газ в недрах подсчитываются частично с применением некоторых коэффициентов, устанавливаемых в процессе разведки и

эксплуатации месторождения. Другой особенностью классификации запасов нефти и газа является тесная увязка категорий запасов со стадиями промышленного освоения месторождения.

Категория А — запасы, которые могут быть получены на участке действующих или новых скважин в пределах контура эксплуатационного участка.

Категория В — запасы на площади, вскрытой разведочными скважинами, которая может быть и не вполне околонтуренной.

Категории  $C_1$  и  $C_2$  — запасы, предполагаемые на перспективных площадях, еще не затронутых разведочным бурением.

Соотношения категорий запасов нефти, требуемые для обоснования промышленного освоения нефтяных месторождений, установлены в зависимости от их крупности: по крупным должны быть выявлены запасы категорий А—20%, В—20%,  $C_1$ —60% по средним — А—10%, В—30%,  $C_1$ —60%; по мелким — В—30%,  $C_1$ —70%.

Классификация запасов подземных вод предусматривает их разделение на статические и динамические. Это подразделение запасов является следствием того, что подземные воды в отличие от твердых полезных ископаемых подвижны.

Статическими запасами называются естественные запасы подземных вод, которые заполняют в водоносной породе объем всех пор, пустот и различного рода полостей. Эти запасы исчисляются в объемных единицах как произведение объема водоносной толщи на коэффициент пористости или закарстованности пород, слагающих эту толщу. Статические запасы могут изменяться во времени ввиду опорожнения или наполнения емкостей в пределах водоносной толщи. Поэтому среди статических запасов воды различаются возобновляемые и невозобновляемые части этих запасов.

Динамические запасы подземных вод представляют собой ту часть общих естественных запасов вод, которые протекают в единицу времени через все поперечное живое сечение подземного потока, формирующегося в водоносном горизонте или бассейне.

В отношении возможного использования естественные запасы подземных вод подразделяются на промышленные и непромышленные. Первые, называемые также балансовыми, отражают то количество воды от общих ее запасов, которое может быть извлечено из водоносного горизонта для практического использования. Вторые, или забалансовые, составляют часть естественных запасов воды, которая не может быть использована для водоснабжения.

Под эксплуатационными запасами вод понимается то их количество, которое может быть получено при заданном режиме эксплуатации на весь срок водопотребления. Эти эксплуатационные запасы являются предметом подсчетов по результатам разведки подземных вод и различаются по общепринятым категориям подсчетов: А, В,  $C_1$  и  $C_2$ . Запасы категории А подсчитываются в пределах участка, намечаемого под водозабор. При этом в подсчет могут быть включены только те разведочные скважины, по которым получены достоверные исходные данные для расчета производительности водозабора.

Запасы категории В подсчитываются в пределах разведанного участка по данным откачек из скважин, при этом в подсчет могут быть включены скважины, опробованные одиночными опытными откачками. Запасы категории С<sub>1</sub> подсчитываются в пределах оцениваемой площади, исходя из общих гидрогеологических условий, данных пробных откачек как из поисковых, так и из разведочных скважин. К категории С<sub>2</sub> относятся запасы, приблизительно определенные из соотношений величин динамических и статических запасов подземных вод, по гидрогеологической аналогии с использованием данных естественных водных источников и единичных искусственных источников, вскрывающих изучаемый водоносный горизонт (колодцев, буровых скважин и др).

## 6. СТАДИИ РАЗВЕДОЧНОГО ПРОЦЕССА

В соответствии с принципом последовательных приближений разведка месторождения делится на стадии. На каждой из стадий решаются определенные задачи и осуществляется оценка месторождения или его части.

Процесс разведки месторождений твердых полезных ископаемых принято разделять на три стадии: предварительную, детальную и эксплуатационную разведку. Каждая последующая стадия отличается от предыдущей степенью детальности исследований и достоверностью результатов, все возрастающей от начала разведки до ее завершения. Но не только детальностью и достоверностью отличаются стадии друг от друга — от стадии к стадии меняется и объект разведки. В стадию предварительной разведки охватывается все месторождение или вся доступная для исследований часть крупного месторождения, распространенного на обширной площади или уходящего на большие глубины. В стадию детальной разведки изучается, как правило, только часть месторождения, предначинанная для отработки в ближайшее время. В стадию эксплуатационной разведки детальнейшим образом изучаются небольшие эксплуатационные участки — блоки, этажи.

### Предварительная разведка

Предварительная разведка проводится на объектах, получивших положительную оценку в период предшествовавших поисково-разведочных работ. В эту стадию должны быть выяснены общие размеры месторождения, получены приблизительные представления о формах и размерах основных тел полезного ископаемого, о качестве полезного ископаемого, а также об условиях залегания месторождения, гидрогеологических и других горнотехнических особенностях, существенных для обоснованной промышленной оценки месторождения.

В стадию предварительной разведки завершаются детальное изучение поверхности месторождения и составление крупномасштабных карт 1 : 10 000 — 1 : 5000 на инструментальной топографической

основе в отличие от преимущественно глазомерных съемок этого масштаба на стадии поисково-разведочных работ. Уточненная геологическая карта месторождения позволяет увереннее закладывать разведочные выработки на глубину. На стадии предварительной разведки разведочные выработки должны задаваться уже по системе, определяющей форму разведочной сети.

Предварительная разведка большинства месторождений осуществляется при помощи бурения разведочных скважин. Горные разведочные выработки служат главным образом для прослеживания и оконтуривания тел полезных ископаемых в приповерхностной части месторождений. На более сложных и весьма изменчивых месторождениях в эту стадию применяется минимальное количество подземных горных выработок для расшифровки отдельных узлов геологических структур и для отбора проб на технологические испытания.

Если площадь месторождения ранее не была покрыта геофизическими и геохимическими съемками крупных масштабов, то на стадии предварительной разведки могут быть полезны такие съемки прежде всего для того, чтобы лучше выбрать места заложения разведочных выработок и разредить их сеть без ущерба для достоверности результатов, опираясь на данные геофизических и геохимических съемок.

Качество полезного ископаемого на стадии предварительной разведки выясняется настолько, чтобы было возможно решить вопрос о пригодности полезного ископаемого для практического использования. Опробование немногочисленных разведочных выработок этой начальной стадии производится предельно полно, по всем интервалам, вскрывающим тело полезного ископаемого. Если месторождение представлено различными природными типами полезного ископаемого, то качественные показатели должны выясняться по каждому типу. Для технологических испытаний, обычно лабораторных, должны отбираться представительные пробы от основных природных типов полезного ископаемого.

В стадию предварительной разведки должны быть выполнены первые гидрогеологические и инженерно-геологические исследования. При простых гидрогеологических условиях проводятся простейшие наблюдения, такие, как наблюдения за поглощением промывочной жидкости в буровых скважинах, пробные откачки из отдельных разведочных скважин, а также определения качества воды. На объектах со сложными гидрогеологическими условиями уже в начале разведки, как только выясняется положительная перспектива распространения полезного ископаемого, должны проводиться гидрогеологические съемки, пробные и опытные откачки, лабораторные гидрогеологические и инженерно-геологические исследования. По результатам гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений и исследований должны быть определены в общих чертах ожидаемая обводненность будущих горных выработок, условия отработки месторождения в отношении устойчивости, крепости и других свойств полезного ископаемого и вмещающих горных пород.

В результате предварительной разведки должны быть подсчитаны запасы полезного ископаемого по категориям  $C_1$  и  $C_2$  в соотношениях, обеспечивающих надежную промышленную оценку месторождения.

Итогом предварительной разведки месторождения является приблизительная, но достаточно надежная оценка всего разведываемого месторождения в отношении возможности промышленного его использования. По данным предварительной разведки составляется отчет с подсчетом запасов полезного ископаемого, на основании которого разрабатывается технико-экономический доклад (ТЭД). В этом докладе представляются технические и экономические расчеты, обосновывающие целесообразность промышленного освоения предварительно разведанного месторождения и перехода от предварительной к детальной разведке.

Следует иметь в виду, что положительная промышленная оценка месторождения по данным предварительной разведки не влечет автоматически необходимости детальной его разведки немедленно. Месторождение после предварительной разведки может быть отнесено к числу резервных, когда нет недостатка в разведанных запасах данного полезного ископаемого и не все разведанные вновь месторождения одновременно подлежат освоению.

### Детальная разведка

Детальная разведка проводится на месторождении или на отдельных его участках, которые намечаются в результате предварительной разведки к промышленному освоению в ближайшее время.

Основной задачей детальной разведки объекта — всего небольшого месторождения или отдельной части крупного — является уточнение его геологического строения, форм, условий залегания тел полезного ископаемого, его качества, гидрогеологических и других горнотехнических условий предполагаемой отработки.

На стадии детальной разведки завершается крупномасштабное картирование тех участков месторождения, которые подвергаются детальным исследованиям в первую очередь и по которым начато составление карт масштабов от 1 : 2000 до 1 : 1000 (иногда 1 : 500).

Детальная разведка объекта выполняется, как правило, по системе, уже намеченной в стадии предварительной разведки, но с применением более густой сети для перевода запасов из категорий  $C_1$  и  $C_2$  в категории высшие — А и В. Первоочередными участками детальной разведки обычно являются наиболее доступные части месторождения, находящиеся ближе к поверхности и обладающие лучшими по качеству рудами.

Детальная разведка осуществляется с применением значительных объемов подземных горных выработок — меньше для простых месторождений угля, железных руд, строительных материалов и больше для разведки сложных месторождений и тех, которые по условиям резко расчлененного рельефа поверхности могут успешно

разведываться штольнями. Ввиду возрастающей роли горных выработок при детальной разведке месторождения или его части целесообразно выбирать места их заложения и ориентировку с расчетом возможного использования этих подземных горных выработок в период предстоящей отработки объекта.

Геофизические и геохимические исследования на стадии детальной разведки носят вспомогательный характер, как, например, для приблизительного прослеживания залежей полезного ископаемого в интервалах между разведочными выработками.

Качество изучается по каждому сорту полезного ископаемого на материале больших проб, испытываемых в промышленных условиях — на обогатительных фабриках или других перерабатывающих предприятиях.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия предполагаемой отработки детально разведываемого участка месторождения выясняются с высокой степенью достоверности, так как для строительства горного предприятия необходимо иметь достаточно точные исходные данные для расчета осушительных и дренажных устройств, а для обоснованного выбора системы отработки и установления режима проходки горных выработок необходимы данные о физико-механических свойствах полезного ископаемого и вмещающих горных пород. Одновременно с детальной разведкой месторождения проводится комплекс гидрогеологических изысканий для водоснабжения горного предприятия и жилого поселка, а также ряд других географо-экономических исследований, важных для создания условий нормального развития будущего предприятия — в отношении транспорта, энергетики и др.

В результате детальной разведки подсчитываются запасы полезного ископаемого для первоочередной отработки по категориям А и В и вместе с тем уточняется общая оценка месторождения, данная в стадии предварительной разведки. В стадию детальной разведки должны быть получены данные, обеспечивающие составление проекта горнодобывающего предприятия; с этой целью учитываются все запасы полезного ископаемого, разведанные и подсчитанные по категориям А, В, С<sub>1</sub>, а также запасы, определенные по геологическим соображениям и отнесенные к категории С<sub>2</sub>.

По завершении установленного объема детальных разведочных работ на месторождении составляется геологический отчет с подсчетом запасов полезного ископаемого, в котором обобщаются все материалы разведок, проведенных на месторождении, необходимые для утверждения запасов в ГКЗ и для последующего составления проекта разработки месторождения или его части.

### **Эксплуатационная разведка**

Эксплуатационная разведка начинается с отработки месторождения и сопровождает ее до конца. Основной целью эксплуатационной разведки является уточнение форм тел полезного ископаемого и его

качества и в итоге — суммы промышленных запасов полезного ископаемого для обеспечения текущей производственной деятельности горного предприятия по каждому эксплуатационному участку. Масштабы разведочных исследований становятся уже предельно крупными — для подземного картирования от 1 : 500 до 1 : 100.

Эксплуатационная разведка ведется как в специальных разведочных выработках, так в горно-подготовительных и очистных. Кроме разведочных буровых скважин, задаваемых с целью уточнения контуров залежей или качества полезного ископаемого, для целей эксплуатационной разведки используются многочисленные буровые скважины, проходимые в очистных выработках или на уступах карьеров для отбойки полезного ископаемого.

Геологическая документация в период отработки месторождения проводится в значительно больших объемах по сравнению с предшествующими стадиями разведки, так как резко увеличивается число обнажений в горных выработках, раскрывающих многие детали геологического строения месторождения, неизвестные до его отработки.

Опробование при эксплуатации месторождения проводится как в специальных разведочных, так и в горно-подготовительных и очистных выработках. Оно служит не только уточнению качества добываемого полезного ископаемого, но является также средством регулирования добычи и выяснения размеров потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия отработки месторождения изучаются дифференцированно по каждому эксплуатационному участку, так как точные знания этих условий необходимы повседневно в процессе отработки каждого эксплуатационного блока или уступа в карьере.

На основании данных эксплуатационной разведки периодически проводится подсчет запасов на участках, подготовленных к отработке. Эти запасы, наиболее достоверные вследствие предельной детальности разведки, являются обоснованием месячных и квартальных планов добычи полезного ископаемого.

В процессе эксплуатационной разведки ведется систематический учет добытого и оставшегося в недрах полезного ископаемого, что позволяет выяснять различного рода потери и разубоживание полезного ископаемого в каждом блоке и по каждому сорту.

Таким образом, на основании эксплуатационной разведки ведется текущее производственное планирование добычи полезного ископаемого, направляются подготовительные и очистные выработки, контролируется полнота отработки месторождения и по мере погашения его периодически составляется баланс запасов полезного ископаемого.

Жидкие полезные ископаемые разведываются несколько иначе. Процесс разведки, например, месторождения нефти и газа неразрывно соединен с поисками, так как обнаружение нефти или газа в поисковой скважине автоматически делает ее разведочной в числе других единичных разведочных скважин, вскрывающих нефтеносную структуру. С другой стороны, разведочные буровые скважины становятся

эксплуатационными и тем самым разведка в завершающий период сливается с эксплуатацией. В результате разведочных работ на нефть не подсчитываются общие ее количества, находящиеся в недрах, а определяется только то количество нефти, которое может быть извлечено. Процесс разведки воды обладает своими специфическими особенностями в характере и содержании стадий. Порядок геологоразведочных работ установлен следующий (табл. 15): поисковый этап разделяется на три стадии и завершается открытием месторождения, которое фиксируется в случае подсчета запасов нефти и газа по категориям  $C_2$  и  $C_1$  (соответствует предварительной разведке твердых полезных ископаемых); разведочный же этап на стадии не разделяется и момент окончания разведки месторождения (залежи) отмечается подсчетом запасов нефти и газа по категориям В и  $C_1$ . В итоге поискового и разведочного бурения, опытно-промышленной эксплуатации и других исследований подсчитываются балансовые и извлекаемые запасы нефти и газа в пределах разведанных и перспективных нефтеносных горизонтов по категориям В,  $C_1$  и  $C_2$  и устанавливаются исходные данные для проектирования разработки месторождения или его части.

Таблица 15

Этапы и стадии геологоразведочных работ на нефть и газ

Наименование и содержание стадий	Категории запасов
Поисковый этап	
Стадия региональных геолого-геофизических работ (масштаб 1:500 000 — 1:200 000) с целью изучения общих черт геологического строения региона и оценки перспектив нефтегазоносности (в том числе параметрическое и структурное бурение)	$D_2$ и $D_1$
Стадия подготовки площадей геолого-геофизическими методами к поисковому бурению путем их оконтуривания и изучения глубинного строения	$D_1$ и $C_2$
Стадия поисков месторождений нефти и газа с геолого-экономической оценкой выявленных месторождений (залежи)	$C_2$ и $C_1$
Разведочный этап	
Разведка нефтяных и газовых месторождений с целью подготовки залежей к отработке с подсчетом запасов полезных ископаемых по промышленным категориям	$C_1$ и В

Примечание.  $D_1$  и  $D_2$  — категории прогнозных запасов.

## 7. ПОНЯТИЕ О СИСТЕМАХ РАЗВЕДКИ

Под системой разведки понимается пространственная совокупность разведочных выработок, проводимых в определенном порядке для выполнения комплекса исследований, которые дают возможность подсчитать промышленные запасы полезного ископаемого.

Особенности разведочных систем, определяемые природными свойствами объектов разведки — месторождений или их частей, выражаются в различиях применяемых разведочных выработок и в различной ориентировке разведочных разрезов. В результате сочетания тех или других разведочных выработок, расположенных в плоскостях горизонтальных или вертикальных разрезов, формируется определенный тип системы разведки. Существует несколько группировок разведочных систем, в основе которых лежат эти два признака: виды разрезов и виды разведочных выработок. По последнему признаку системы подразделяются на три большие группы: 1) буровые, 2) горные и 3) горно-буровые. Внутри этих групп системы могут подразделяться по видам разведочных разрезов: вертикальных, горизонтальных или сочетаний тех и других. Ниже рассматриваются некоторые примеры типов разведочных систем, принадлежащих к каждой из названных групп.

Всякая система разведки развивается постепенно от начала предварительной разведки до окончания детальной, а в ряде случаев завершается развитие системы только в период эксплуатации месторождения. При этом различается три порядка последовательного применения горных разведочных выработок и буровых разведочных скважин.

**Первый порядок** — горные выработки — скважины — применяется для разведки крупных и относительно выдержанных месторождений, таких, как угольные свиты, штокверки, массивы строительных камней. Такие месторождения исследуются вначале неглубокими горными выработками в приповерхностной части, а затем вся разведка на глубину выполняется одними буровыми скважинами до начала отработки.

**Второй порядок** — скважины — горные выработки — целесообразен в том случае, когда в пределах некоторой геологически ограниченной зоны залегают разобщенные небольшие тела полезного ископаемого, такие, как жилы, линзы и им подобные образования, распространяющиеся на значительные глубины и слепые в своем большинстве. В таких случаях сначала при помощи разведочных скважин очерчиваются общие контуры месторождения и фиксируются наиболее значительные тела полезного ископаемого, а затем каждая отдельная залежь разведывается горными выработками.

**Третий порядок** — горные выработки — скважины — горные выработки — осуществляется в тех случаях, когда разведываются сильно изменчивые тела полезного ископаемого, выходы которых беспорядочно расположены на площади месторождения. Чтобы разобраться в условиях залегания и качестве полезного ископаемого, сначала проходятся приповерхностные горные выработки, затем освещаются перспективы распространения полезного ископаемого по каждой залежи на глубину при помощи буровых скважин, а вся дальнейшая разведка отдельных тел полезного ископаемого проводится подземными горными выработками. Последние обычно являются в то же время и горно-подготовительными для отработки залежей.

Эти типичные порядки развития разведочных систем находят применение при разведке подавляющего большинства месторождений. Однако в некоторых случаях простейшие месторождения разведуются исключительно одними буровыми скважинами, а небольшие и весьма сложные объекты — одними подземными горными выработками без участия буровых скважин.

Геофизические средства разведки, позволяющие прослеживать и оконтуривать залежи полезных ископаемых, участвуют в системах разведки как вспомогательные способы в тех или других сочетаниях с разведочными выработками. В стадию предварительной разведки приближенное оконтуривание залежей на глубине по выявленным с поверхности аномалиям способствует наиболее правильному расположению разведочных скважин или других выработок. Например, комплекс геофизических методов (магнитометрии и гравиметрии) в сочетании с редкой сетью буровых скважин позволяет подсчитать запасы железных руд с достоверностью, обеспечивающей предварительную оценку месторождения (категории  $C_1$  и  $C_2$ ). При этом предельное разрежение разведочной сети и почти безошибочный выбор мест заложения скважин оказываются возможными исключительно благодаря предшествовавшим крупномасштабным геофизическим исследованиям месторождения с поверхности. В конечный период разведки бывает необходимо исследовать пространство между разведочными выработками — соседними буровыми скважинами или между горизонтами горных выработок. В таких случаях могут быть полезны геофизические методы. С другой стороны, предполагая возможность геофизических исследований пространств между разведочными выработками, последние целесообразно проводить реже и тем экономить средства на разведку.

Для изучения месторождения обычно возможно применение разведочных систем нескольких типов. Поэтому возникает задача выбора разведочной системы. Очевидно, должна быть выбрана такая разведочная система для конкретного месторождения, которая дает достаточные данные для решения поставленных задач разведки при минимальных затратах.

### Группа буровых систем

Группа буровых систем применяется для разведки крупных и средних месторождений, залегающих как вблизи поверхности, так и на больших глубинах. Наиболее эффективны буровые системы разведки для месторождений простых форм с равномерным распределением полезных компонентов, где допустима интерполяция разведочных данных между скважинами и разрезами, построенными по этим скважинам.

Буровые системы типичны для разведки месторождений, принадлежащих к 1-й группе, — пластовых и пластообразных как крупных размеров (угли, железорудные и марганцевые, медистые песчаники и др.), так и относительно мелких россыпных месторождений

с равномерным распределением полезных минералов. Часть месторождений 2-й группы — штокерковых, массивов вкрапленных руд и строительных камней — разведывается исключительно бурением. Примерами буровых разведочных систем могут служить различные по своим техническим средствам и ориентировке скважин системы, кратко охарактеризованные ниже.

Система мелких вертикальных скважин (рис. 55) применяется для разведки пологих неглубоко залегающих плоских тел полезного ископаемого. Этой системой разведаны многие месторождения озерно-болотных железных руд, никелевые месторождения коры выветривания, пласты глин, песков и др. Она применяется всегда для разведки сильно обводненных долинных россыпей золота.

Вертикальные буровые скважины обычно небольшой глубины (до 30 м), проходимые медленным ударно-вращательным бурением,

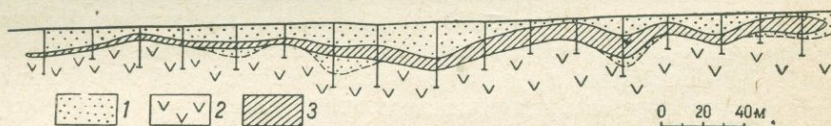


Рис. 55. Разрез по Бурановскому силикатно-никелевому месторождению  
1 — минеральные образования коры выветривания; 2 — серпентинит; 3 — рудная залежь в коре выветривания

располагаются вдоль разведочных линий, ориентированных поперек долины или рудоносной структуры на всю ширину. Изометричные пластообразные месторождения разведываются, как правило, квадратной сетью буровых скважин, позволяющей строить взаимно перпендикулярные разведочные разрезы. Сильно удлиненные объекты, такие, как россыпи в речных долинах, освещаются серией поперечных разрезов, отстоящих друг от друга на больших расстояниях (десятки и сотни метров); в разрезах же расстояния между разведочными выработками устанавливаются небольшие: на золотых россыпях это обычно 10—20 м, реже до 40 м.

Система наклонных скважин разной глубины (см. рис. 50) предназначена для разведки крутопадающих уплощенных тел полезных ископаемых — пластовых, жилообразных, линзообразных. В чистом виде эта система применяется только для разведки слепых залежей; месторождения же, выходящие на дневную поверхность, в своих приповерхностных частях обычно вскрываются неглубокими горными выработками: шурфами или штольневыми врезами.

Характерной особенностью данной системы является исключительное применение колонкового бурения для выполнения разведочных пересечений. Необходимость бурения наклонных скважин определяется тем, что при крутом падении тела полезного ископаемого угол встречи со скважиной может быть настолько малым, что представление

о мощности тела окажется искаженно преувеличенным, особенно если буровая скважина может скользнуть вдоль по падению тела. Поэтому рекомендуется задавать буровые разведочные скважины навстречу крутопадающей залежи с таким расчетом, чтобы угол встречи был не менее  $30^\circ$ . Если разведываемая залежь сильно изменяет угол падения, то и разведочные скважины в разрезе должны задаваться с различными углами наклона, однако с таким расчетом, чтобы разведочные пересечения осуществлялись приблизительно на одинаковых расстояниях друг от друга.

Таким образом, серии наклонных скважин в нескольких разрезах создают более или менее равномерную сеть разведочных пересечений. При этом расстояния между разведочными пересечениями в разрезе обычно бывают меньшими, чем расстояния между разрезами, так как уплощенные залежи полезного ископаемого оказываются более изменчивыми в своих поперечных сечениях по сравнению с изменчивостью свойств по простиранию. Глубины наклонных скважин находятся в пределах 50—1000 м. Скважины наклонные большей глубины чаще всего неэффективны вследствие произвольных отклонений. Для разведки крутопадающих месторождений на больших глубинах приходится применять другие способы их проходки и другое оборудование, что приводит к формированию уже иного типа системы разведки.

### Группа горных систем

Группа горных систем, применяемых для разведки сложных месторождений, представленных небольшими залежами, весьма изменчивыми по форме и содержанию полезных компонентов, не пользуется широким распространением в разведочной практике.

Горные системы служат для разведки небольших месторождений 5-й и 4-й групп — различного рода трубообразных и ветвящихся рудных залежей, мелких гнезд, прожилков и других скоплений ценных минералов. Эти системы преимущественно используются в случаях эксплуатационно-разведочных работ, когда весьма детальная разведка объекта неизбежно совмещается с подготовкой к отработке или с самой отработкой полезного ископаемого.

Система разведки канавами возможна тогда, когда полезное ископаемое залегает на поверхности земли в виде рыхлого плащеобразного покрытия и целесообразна для таких полезных ископаемых, которые обладают очень малыми концентрациями полезного компонента при его неравномерном распределении. К числу такого рода объектов разведки относятся долинные россыпи алмазов и платины, имеющие мощности до 3—4 м.

При системе разведки канавами вся толща продуктивных отложений разрезается поперечными канавами по разведочным линиям, отстоящим друг от друга на расстояниях, допускающих интерполяцию между соседними канавными разрезами. Сплошной разрез канавой для таких россыпей более надежен в отношении достоверности

получаемых сведений по сравнению с серией разведочных шурфов вдоль разведочной линии, которые обычно применяются на разведках неглубоко залегающих россыпей. К тому же при механизированной

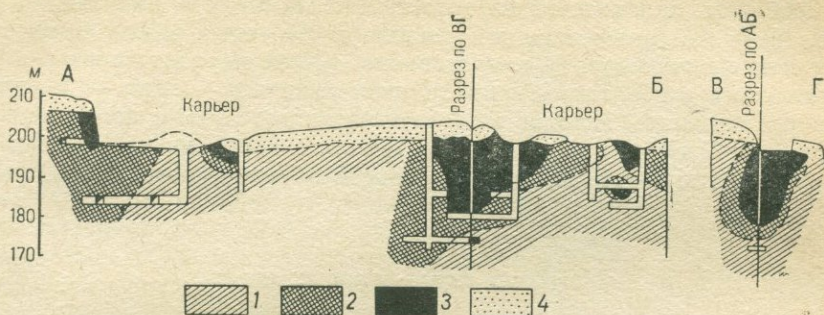


Рис. 56. Система шурфов с рассечками, примененная при разведке месторождения Семиз-Бугу (по П. М. Татаринovu)

1 — вторичный кварцит; 2 — андалузитовая порода; 3 — залежи корунда; 4 — глины

проходке разведочных канав траншейными экскаваторами работы оказываются более дешевыми. Разведка канавами алмазных и платиновых россыпей дает большие массы песков, которые можно использовать для пробной эксплуатации россыпи.

Система разведки шурфами с рассечками (рис. 56) применима для небольших сложных тел полезного ископаемого, залегающих неглубоко. Наиболее эффективна разведка шурфами до 15—20 м по вертикали, ими можно пользоваться и до глубин 30—40 м.

Из вертикального шурфа на некоторой глубине проходит квершлаг для вскрытия залежи. Если залежь распространяется на большую глубину, то бывает целесообразным пройти второй квершлаг глубже первого. Так, с помощью вертикальной и горизонтальных горных выработок создается вертикальный разведочный разрез.

Система штолен с ортами (рис. 57) является

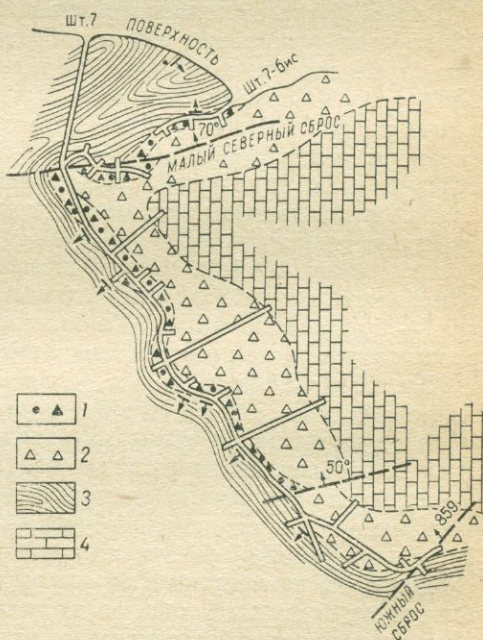


Рис. 57. Система разведки штольнями с рассечками (по А. К. Полякову)

1 — рудная брекчия; 2 — оруденелая брекчия непромышленная; 3 — сланцы; 4 — известняки

обычной в условиях резко расчлененного рельефа местности. Эта система образуется несколькими горизонтальными сечениями месторождения или отдельных залежей, каждое из которых развивается из штольни, заложенной на горном склоне на том или ином уровне. Если габариты штольни меньше поперечных размеров залежи или если месторождение представлено серией параллельных тел, то из штольни в обе стороны проходятся рассечки — орты — до пересечения контакта залежи или продуктивной зоны с вмещающими породами. Расстояния между рассечками и горизонтами зависят от изменчивости морфологических свойств объекта разведки.

### Группа горно-буровых систем

Данная группа представляет собой различные комбинации буровых и горных разведочных выработок. Это наиболее распространенные системы в практике разведок месторождений полезных ископаемых. Большинство месторождений черных, цветных, редких и драгоценных металлов и многие месторождения неметаллических полезных ископаемых разведываются с применением сочетаний буровых скважин и подземных горных выработок.

Горно-буровые системы применяются для разведки месторождений 3-й группы — жильных и линзообразных средних и малых размеров; некоторые наиболее изменчивые или прерывистые месторождения 2-й группы — сложные штокверки, неравномерные залежи цветных и редких металлов — разведываются с применением как буровых скважин, так и горных выработок; ряд значительных трубообразных и им подобных залежей месторождений 4-й группы выявляется при помощи систем подземных горных выработок с подземными буровыми скважинами. В зависимости от степени изменчивости морфологических свойств месторождения и распределения полезного компонента в одних системах преобладают горные выработки, в других — буровые скважины. Из большого разнообразия горно-буровых разведочных систем ниже приводятся некоторые примеры.

Система мелких скважин и шурфов применяется для разведки россыпей или месторождений коры выветривания в тех случаях, когда вышеописанная система мелких буровых скважин не обеспечивает надежных результатов ввиду значительных погрешностей определения мощностей россыпи или содержаний полезных минералов по данным буровых скважин. Поэтому проходятся шурфы вперемежку со скважинами для подтверждения данных последних. В зависимости от местных условий количество шурфов бывает от 5 до 20% общего количества разведочных пересечений. При проходке шурфов некоторые из них задаются на местах пройденных буровых скважин с целью возможно более точного контроля данных бурения, с замерами и опробованием тех же интервалов по глубине, какие были приняты для скважины.

Система разведочной шахты (шурфа) и скважин (рис. 58), дающая вертикальные разрезы месторождения, характерна для многих месторождений различных полезных ископаемых. Она целесообразна при крутом падении продуктивных зон или залежей полезного ископаемого, распространяющегося на большие глубины и при равнинном рельефе поверхности. В таких случаях верхняя часть месторождения вскрывается горизонтом горных выработок, проходимых из шахты, если необходимо разобратся в сложном строении рудной зоны. Дальнейшая же разведка на глубину при достаточном выяснении внутреннего строения зоны верхними горными выработками может производиться наклонными буровыми скважинами с поверхности. Обычным в такой системе является расположение шахты в лежачем боку месторождения, а заложение разведочных скважин — в ви́сячем.

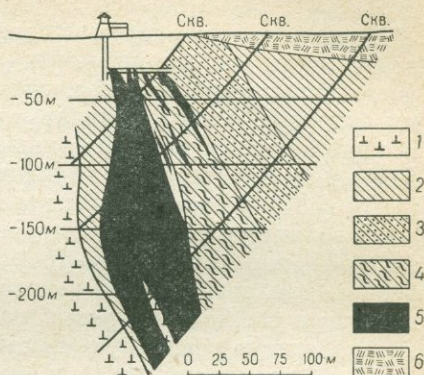


Рис. 58. Система разведочных шахт и наклонных буровых скважин

1 — альбитофиты; 2 — сланцы; 3 — сланцы окварцованные; 4 — сланцы пиритизированные; 5 — медный колчедан; 6 — бурые глины

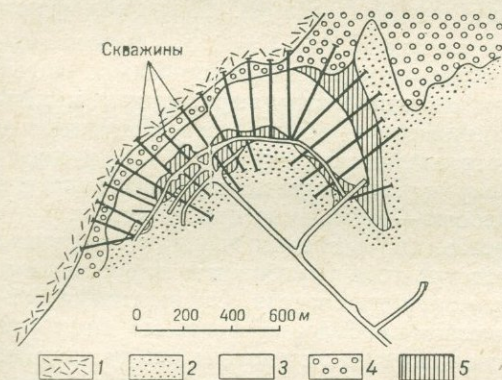


Рис. 59. Система разведки подземными горными выработками с горизонтальными скважинами

1 — диориты; 2 — порфириты; 3 — сульфидная руда; 4 — зеленокаменные породы; 5 — сланцы

Система горизонтальных горных выработок и скважин (рис. 59) представляет собой сочетание разведочных штреков, пройденных на нескольких горизонтах, с подземными буровыми скважинами. Последние могут проводиться взамен ортов или чередуясь с ними.

Штреки могут быть проведены из шахты или из штолен, вскрывающих залежь на ряде горизонтов.

Естественно, что подобные системы предназначаются для разведки компактных и крутопадающих залежей, уходящих на большие глубины, но обладающих сравнительно небольшими размерами и причудливыми очертаниями в горизонтальных сечениях.

## 8. ПЛОТНОСТЬ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ И ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗВЕДКИ

Геологические разрезы на разных стадиях разведочных работ в зависимости от применяемых технических средств и количества разведочных пересечений могут быть более или менее точными, иными словами, могут обладать различной степенью достоверности. Вполне понятно, что чем больше в разрезе имеется пересечений, тем более точны разрезы и, следовательно, более точными (достоверными) будут подсчитанные по ним запасы полезного ископаемого.

В зависимости от геологических особенностей месторождения, от задач, решаемых в каждую стадию разведочных работ, и от требуемой для этой стадии точности (достоверности) применяются те или иные расстояния между разрезами и выработками в разрезах, определяющие различную плотность разведочной сети.

Плотность разведочной сети — есть площадь, приходящаяся на одну разведочную выработку ( $S_0$ ):

$$S_0 = \frac{S}{n}, \quad (12)$$

где  $S$  — площадь, на которой проводятся разведочные работы;  
 $n$  — число выработок.

Помимо этого, важной характеристикой плотности разведочной сети является расстояние между выработками ( $l$ ). При квадратной сети это расстояние может быть выражено как  $l = \sqrt{S_0}$ . При прямоугольной сети указываются уже два размера, например  $100 \times 200$  м; первый размер характеризует расстояние между выработками в направлении максимальной изменчивости — обычно это направление вкрест простирания основных геологических структур или рудного тела, второй размер характеризует расстояние между выработками в направлении меньшей изменчивости — обычно по простиранию.

Среди многих вопросов методики разведки важное значение имеет выбор плотности сети разведочных выработок и опробования, влекущий большие или меньшие затраты средств. Оптимальные размеры разведочной сети позволяют наиболее эффективно провести геологическое изучение месторождения и определить его масштабы. Но определение оптимальной разведочной сети является сложной задачей, связанной с необходимостью учета всего многообразия геологических особенностей каждого конкретного месторождения.

Для выяснения качественной и количественной характеристик месторождения необходим определенный физический объем разведочных работ, зависящий от принятой плотности разведочной сети. Определение же плотности и размеров ячейки разведочной сети производится на основании предполагаемых свойств месторождения. Решающим при этом является наиболее изменчивое его свойство (мощность тела или содержание металла, иногда объемный вес), для выяснения которого необходимо максимальное число разведоч-

ных пересечений и наблюдений, а следовательно, и разведочных работ.

Таким образом, главными факторами, определяющими необходимую плотность разведочной сети, являются природные: тип месторождения, формы и размеры тел полезного ископаемого, содержания полезных компонентов, внутреннее строение залежей и др.

Помимо перечисленных природных факторов существенное влияние на плотность разведочной сети оказывают задачи, стоящие перед разведочными работами, и предъявляемые к ним требования относительно достоверности результатов разведки.

На ранних стадиях разведки основные факторы, определяющие целесообразную плотность разведочной сети, могут устанавливаться лишь предположительно по результатам поисково-разведочных работ. Поэтому приходится пользоваться методом аналогий, т. е. привлекать опыт уже разведанных подобных месторождений. Далее, в процессе разведочных работ, когда становится возможно выяснение основных свойств данного месторождения, могут использоваться и сведения, полученные в ходе разведки этого месторождения, для установления рациональной сети при дальнейшей его разведке.

Для определения рациональной разведочной сети на основании опыта разведки и разработки изучаемого месторождения или ему подобного применяются экспериментальные и аналитические методы. К первым принадлежат способы: 1) сравнения данных разведки и эксплуатации месторождения и 2) разрежения разведочной сети. Вторые представлены приемами математической статистики.

Способ сравнения данных разведки и эксплуатации по месторождению или его части позволяет выяснить величину погрешности разведочных данных при той или иной плотности разведочной сети, что является основанием для выбора последней. Очевидно, что рациональной может быть признана и рекомендована для разведки данного или другого аналогичного месторождения такая сеть, которая позволяет определять значения запасов полезного ископаемого и параметров их подсчета — площадей и мощностей тел, содержаний полезных компонентов и объемных весов полезного ископаемого — с допустимыми погрешностями относительно фактических их значений, полученных в результате разработки месторождения или его части.

Степень достоверности разведочных данных можно установить путем сравнения контуров и площадей тел полезного ископаемого, выявленных при разведке, с таковыми в отработанных пространствах; сравнением содержаний полезных компонентов и мощностей по данным разведки и эксплуатации, а в конечном счете сравнением величин подсчитанных запасов полезного ископаемого с фактически добытой массой минерального сырья. Из таких сопоставлений вычисляется расхождение того или иного разведочного показателя ( $X_p$ ) с соответствующими эталонными его значениями по данным отработки ( $X_s$ ):

$$X_s - X_p = \pm \Delta X. \quad (13)$$

Относительная величина расхождений называется погрешностью разведки, предшествующей эксплуатации:

$$P = \frac{\pm \Delta X}{X_3} 100. \quad (14)$$

Следует иметь в виду, что расхождения между данными разведки и эксплуатации месторождения или его части не всегда являются действительными погрешностями разведочных определений и подсчетов. Они могут быть далеки от последних, так как величины, полученные по эксплуатационным данным ( $X_3$ ), сами бывают определены со значительными погрешностями. Чтобы сравнительный анализ разведочных и эксплуатационных данных был бы достаточно эффективным, т. е. вычисленные величины расхождений ( $\Delta X$ ) были бы достаточно близкими к действительным, необходимо весьма тщательно определять эталонные значения соответствующих величин ( $X_3$ ), выявляемых в результате отработки. Контуры и мощности тел, содержания полезных компонентов и объемные веса полезного ископаемого должны определяться при достаточном количестве непосредственных измерений и опробования в очистных выработках. В конечном счете должны получаться величины запасов полезного ископаемого или полезного компонента, близкие к запасам, действительно находящимся на эксплуатационном участке или находившихся там до отработки. Эти величины «действительных» запасов полезного ископаемого ( $Z_3$ ) слагаются из следующих величин:

$$Z_3 = Q_d - Q' + q, \quad (15)$$

где  $Q_d$  — полное количество добытой минеральной массы в контурах, в которых был произведен подсчет запасов по данным разведки, предшествовавшей отработке;

$Q'$  — количество пустых пород (в том числе некондиционного минерального сырья), извлеченных вместе с полезным ископаемым;

$q$  — величина потерь полезного ископаемого в недрах, оставшегося невынутым или рассеянного на пути от места отработки до места учета.

Если эти величины установлены с высокой точностью, то значение расхождения запасов полезного ископаемого ( $\Delta Z$ ) будет характеризовать погрешность подсчета запасов при разведке, предшествующей отработке. Только надежно установленная величина погрешности подсчета запасов полезного ископаемого может служить основанием для выбора рациональной плотности разведочной сети.

Способ разрежения представляет собой серию сопоставлений величин запасов полезного ископаемого, площадей и средних мощностей тел, средних содержаний полезного компонента и средних объемных весов, вычисленных по разведочным сетям различной плотности. При этом самые густые сети, выполненные при детальной разведке или при подготовке тел к отработке, принимаются за эталон. Естественно, что наиболее достоверным эталоном служат

данные эксплуатационной разведки, которые опираются на большое число измерений и анализов проб в пределах относительно небольших участков — эксплуатационных блоков.

Сравнения величин запасов полезного ископаемого и параметров их подсчета (мощностей, содержаний, площадей, объемных весов), вычисленных по разреженным сетям различной плотности, с эталонными значениями этих величин при наиболее густой разведочной сети позволяют выяснить расхождения между теми и другими. Эти величины расхождений характеризуют погрешность разведочных данных при редких сетях относительно данных при эталонной сети ( $\Delta X'$ ). Величина общей погрешности выражается суммой этой погрешности и погрешности самого эталона ( $\Delta X_{\text{эт}}$ ):

$$\Delta X = \Delta X + \Delta X_{\text{эт}}. \quad (16)$$

В тех случаях, когда эталонные величины определены по данным эксплуатационной разведки или очень детальных разведочных работ до эксплуатации, погрешности эталонов невелики и ими можно пренебречь для ориентировочных расчетов.

Выясненные таким образом погрешности при сетях различной плотности позволяют выбрать наиболее подходящую сеть в зависимости от требуемой точности разведки аналогичного объекта.

Необходимо учитывать, что число возможных вариантов разрежения сети возрастает с увеличением расстояния между пунктами наблюдений и вызывает многочисленные громоздкие подсчеты. Однако внедрение в практику новейшей вычислительной техники позволяет преодолеть эту трудность.

Сравнительная простота способа разрежения и возможность с его помощью достаточно обоснованно подходить к выбору оптимальных расстояний между разведочными выработками и местами отбора проб в них определили довольно широкое использование его в практике геологоразведочных работ.

Аналитический способ основан на применении указанных выше элементарных формул (6), (7) и выражений, получаемых путем их преобразования:

$$P = \frac{\sigma}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{v}{\sqrt{n}} \quad (17)$$

или

$$n = \left( \frac{v}{P} \right)^2 \quad (18)$$

Эти элементарные формулы математической статистики и используются для определения необходимого числа разведочных пересечений при заданном значении погрешности. Например, степень изменчивости содержания полезного компонента равна 100%; необходимо найти число разведочных пересечений ( $n$ ), которое обеспечивало бы

определение среднего содержания компонента с погрешностью не более 20%. Произведя вычисления по формуле (18), получим:

$$n = \left( \frac{100}{20} \right)^2 = 25.$$

Задаваясь какой-либо погрешностью, геолог должен еще решить вопрос о допустимости в отдельных случаях превышения этого значения погрешности, т. е. о вероятности определения числа разведочных пересечений. Действительно, на ранних стадиях разведки, когда не требуется большой точности (достоверности) в определении параметров месторождения, геолог может задаваться большими значениями допустимых погрешностей и меньшими значениями вероятности соблюдения этих значений погрешностей. При детальной или эксплуатационной разведках, когда точность выявленных запасов требуется большая, допустимые значения погрешностей должны быть меньше, а вероятность того, что эта погрешность не будет большей, достаточно высока. Тем самым снижается доля риска возможных ошибок в оценке месторождения. Вот почему в формулах (17) и (18) необходим еще один сомножитель — коэффициент вероятности  $t$ , который характеризует вероятность того, что в определенном числе случаев погрешность не будет превышать рассчитанного значения. Поэтому формулы (17, 18) принимают вид

$$P = \frac{v}{\sqrt{n}} \cdot t \quad (19)$$

или

$$n = \left( \frac{vt}{P} \right)^2. \quad (20)$$

**Пример.** При предварительной разведке допустимая погрешность в определении содержания полезного компонента установлена в 40% при вероятности 0,77 ( $t = 1,2$ ), которая показывает, что в 77 случаях из 100 погрешность не будет превышать 40%. При детальной разведке по условию требуется определение с точностью в 20% при вероятности 0,95 ( $t = 2,0$ ). Степень изменчивости содержания —  $v_c = 100\%$ . Тогда необходимое число разведочных пересечений для двух этих случаев составит: для предварительной разведки —  $n = \left( \frac{100}{40} \cdot 1,2 \right)^2 = 9$ ; для детальной разведки —  $n = \left( \frac{100}{20} \cdot 2,0 \right)^2 = 100$ .

При нормальном распределении показателя признака вероятности, соответствующие определенным значениям  $t$ , приведены в табл. 16.

Зная число необходимых разведочных пересечений и площадь объекта разведки, легко определить рациональную плотность разведочной сети и соответствующие расстояния между разведочными пересечениями.

Следует, однако, помнить, что выборки по разведочным данным не всегда являются случайными и не обязательно подчиняются за-

Значения вероятностей в зависимости от величины  $t$ 

$t$	Вероятность	$t$	Вероятность	$t$	Вероятность
0.0	0,00	1.2	0,77	2.4	0,984
0.2	0,16	1.4	0,84	2.6	0,990
0.4	0,31	1.6	0,89	2.8	0,995
0.6	0,45	1.8	0,93	3.0	0,997
0.8	0,55	2.0	0,95	3.5	0,9995
1.0	0,68	2.2	0,972	4.0	0,99993

кону нормального распределения. Как указывалось выше, коэффициент вариации не является вполне определенной величиной как показатель изменчивости. В силу этих недостатков способ математической статистики определения рациональной разведочной сети дает только ориентировочные числа необходимых разведочных пересечений.

### 9. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗВЕДКЕ

Камеральные работы в связи с разведкой месторождения занимают значительное место в деятельности геологического персонала разведочной организации. Они ведутся еще до начала полевых работ и продолжаются по завершении последних. Особое значение камеральных работ при разведке определяется тем, что результаты всего комплекса работ и исследований — окончательная «продукция» разведки — запасы полезного ископаемого остаются скрытыми в недрах до начала отработки месторождения. Отражением же реально существующих запасов ископаемого служит отчет о разведке с их подсчетом, который является как бы паспортом «продукции», полученной в процессе разведочных работ. Следовательно, от того, насколько обоснованы расчеты, представленные в отчете, каково качество представленных материалов, какова достоверность разведочных данных и как тщательно выполнены текстовая часть и графика в отчете, могут существенно зависеть оценка месторождения и значение выявленных запасов полезного ископаемого, а следовательно, и решение вопроса о приеме объекта в эксплуатацию или его браковка.

Камеральные работы при разведке можно разделить на три периода, различающиеся по содержанию и задачам: 1) подготовка материалов к проекту и составление проекта разведки; 2) предварительная камеральная обработка разведочных данных в процессе полевых работ; 3) подготовка материалов к отчету, подсчет запасов и составление отчета, выполняемые в конце разведочных работ и по их завершении.

**Составление проекта разведки** вызывает необходимость подготовки значительного количества расчетов и графических материалов.

Среди них ведущее место занимают геологические материалы, определяющие направление и методику разведочных работ; большой объем составляют технические расчеты; основы экономики проектируемых работ закладываются в проекте и развиваются в сметных расчетах. В случае проектирования разведки небольшого объекта при небольших затратах весь проект выполняется преимущественно геологом-разведчиком. Крупные же разведочные работы проектируются при участии специалистов по технике разведки и экономистов.

Методика разведки предполагаемого или части уже выявленного месторождения излагается согласно стоящим задачам и природным условиям нахождения объекта разведки. Она выражается в проектных разрезах и планах, сопровождаемых пояснительной запиской. На плане показываются устья намечаемых разведочных выработок и их направления под землей. В качестве плана разведки используется крупномасштабная карта с данными предшествовавших поисково-разведочных работ. Проектные разрезы составляются с таким расчетом, чтобы на них были отчетливо видны сечения предполагаемых залежей полезного ископаемого и пространственное положение намечаемых разведочных выработок. Кроме сводных проектных планов и разрезов составляются предполагаемые геологические разрезы по отдельным важнейшим и типовым разведочным выработкам — скважинам, штольням, шахтам — для производства технических расчетов на проведение выработок и для ориентировки в процессе их проведения. При этом указываются категории крепости горных пород по разрезам и другие сведения, существенные при проходке, — водоносность пород, многолетняя мерзлота, пески-пльвуны, газоносные зоны и т. п.

Составление всех этих материалов для проекта разведки месторождения требует глубокого анализа имеющихся сведений и данных поисково-разведочных работ, а иногда дополнительных исследований и наблюдений на площади месторождения в процессе проектирования. В сложных случаях следует составлять два-три варианта проектных решений. Всегда целесообразно предусматривать некоторые резервные разведочные выработки в случае существенных отличий действительного геологического строения месторождения от предполагаемого по данным прежних работ. Составление геолого-методической части проекта разведки завершается подсчетом общих объемов намечаемых работ с распределением их по периодам разведки, исходя из соображений рациональной последовательности проведения различных выработок и исследований.

**Предварительная обработка разведочных данных** должна производиться повседневно по мере проходки разведочных выработок. Сделанные в полевой книжке зарисовки и записи, результаты наблюдений при просмотре образцов следует обобщать и излагать начисто сразу же, пока еще свежи в памяти впечатления от документации в разведочных выработках и по керну. Одновременно с записями и зарисовками исследуются образцы горных пород и полезного ископа-

емого, отобранные при документации выработок и из керна буровых скважин. Часть из них служит для изготовления шлифов или шлихов для детального петрографического и минералогического изучения под микроскопом. Места отбора проб для разных анализов и испытаний фиксируются возможно точнее. После того как будут проведены соответствующие химические, минералогические исследования и технологические испытания полезного ископаемого, результаты этих исследований и испытаний разносятся по журналам и зарисовкам, сопоставляются с наблюдениями при геологической документации. На основании таких обобщений устанавливаются контуры промышленных и забалансовых частей тел полезных ископаемых на сводных чертежах — горизонтальных и вертикальных разрезах или на проекциях тел. Данные, полученные при камеральной обработке, также необходимы для уточнения проекта разведки месторождения — мест и последовательности заложения разведочных выработок на основании новых прогнозных соображений. Вся эта кропотливая работа требует строгого порядка и большого внимания. В этом и состоит в основном камеральная обработка разведочных данных в процессе проведения разведки.

Кроме того, при камеральной обработке материалов разведки выполняются некоторые дополнительные мероприятия, такие, как составление эталонных коллекций, отбор уникальных образцов для пополнения музеев, хранение дубликатов проб, хранение и сокращение керна буровых скважин и др.

**Подготовка материалов к отчету** о результатах разведочных работ заключается в сведении для анализа всех необходимых данных разведки, полученных и частично обработанных в период проходки разведочных выработок, различного рода исследований и испытаний. С этой целью составляются таблицы наблюдений и анализов, уточняются разведочные разрезы с учетом всех полевых наблюдений и лабораторных исследований; составляются подсчетные документы — формуляры подсчетов запасов полезного ископаемого, подсчетные планы и разрезы, схемы блокировки запасов и др.

Большое значение при составлении отчетных материалов имеет проверка исходных данных для графических построений и подсчетов. В связи с этим должны быть проверены топографические планы, правильность нанесения горных разведочных выработок на планах и разрезах, а также разведочных скважин, особенно если последние значительно искривлялись при проходке. Иногда возникает необходимость повторной маркшейдерской съемки отдельных горных выработок или их узлов и повторных измерений кривизны буровых скважин, где это возможно. Сверка данных минералогических исследований и химических анализов позволяет обнаружить грубые ошибки в определении качества полезного ископаемого в тех местах, где обнаруживается явное несоответствие между теми и другими. Существенную роль играют контрольные анализы проб, обязательные при каждом подсчете запасов полезного ископаемого.

Последним этапом камеральных работ для составления отчета о разведке месторождения является изложение текстовой части самого отчета, которое тем легче выполняется, чем качественнее составлены исходные материалы, чем обоснованнее выполнен подсчет разведанных запасов полезного ископаемого и чем тщательнее проведен контроль разведочных данных. Одновременно с написанием отчета изготавливаются начисто необходимые чертежи и таблицы. Иллюстрации и графические материалы тем ценнее, чем нагляднее они отражают геологическое строение месторождения и качество полезного ископаемого. В конечном итоге качество проведенных разведочных работ измеряется качеством представленного отчета.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ

Геологической документацией называется письменный, графический и каменный материал, получаемый при проведении геологоразведочных работ.

Геологическая документация является источником непосредственных сведений об изучаемом геологическом объекте и исходным материалом, на котором базируется и с которым связана дальнейшая геологическая информация, получаемая в результате камеральной обработки первичного материала и ее интерпретации. Данные первичных наблюдений, материалы геологической документации должны быть возможно более достоверными и объективными. От качества документации зависят эффективность и результаты проводимых геологоразведочных работ. В связи с особенностями геологоразведочного процесса в период эксплуатации объекта геологическую документацию часто невозможно повторить, проверить или исправить. Поэтому при любых обстоятельствах и условиях работ необходимо проводить первичную геологическую документацию качественно. Настоящий раздел учебника ставит своей задачей дать общие понятия о геологической документации и показать способы ее производства в различных условиях.

Основой геологической документации являются записи и зарисовки, производимые в пикетажных книжках и в различных журналах: описания канав, траншей, шурфов и других горных выработок. Наглядным выражением геологической документации являются зарисовки и фотографии отдельных обнажений или горных выработок.

Геологическая документация в виде каменного материала включает пробы полезного ископаемого, образцы руд и горных пород, осколки для шлифов и аншлифов с обозначением места взятия материала и его маркировкой.

Особой формой сбора и хранения геологической документации являются карты с краевой перфорацией, обеспечивающие наибольшую полноту и систематичность накопления геологических наблюдений. С помощью перфокарт можно быстро получить информацию по тому или другому вопросу, касающемуся объекта разведки.

Различают первичную и сводную геологическую документацию. Первичная документация составляется отдельно на каждую горную выработку, скважину, естественное обнажение. Она производится по

частям — интервалам проходки выработки — на месте работ в поле или под землей. Представляемый материал геологической документации может содержать данные не только геолого-минералогических наблюдений, но и результаты геофизических, геохимических и других исследований, позволяющие наиболее полно характеризовать документируемый объект. Сводная геологическая документация является обобщением первичных документов по отдельным разведочным выработкам и естественным обнажениям и заключается в составлении геологических карт, планов, разрезов, проекций тел полезных ископаемых или рудоносных толщ на плоскости, а также пространственных изображений в виде блок-диаграмм. Все эти материалы служат для наглядного представления о геологическом строении месторождения, о формах и условиях залегания тел полезного ископаемого и их вещественном составе.

## 1. СОДЕРЖАНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В полевых книжках и на зарисовках указываются наименования организации, месторождения, участка, время производства работ, нумерация выработок, топографическая или маркшейдерская привязка документируемого объекта. Первичные записи отражают: геолого-минералогические особенности вмещающих горных пород и руд; формы и размеры тел полезного ископаемого и характер контактов с вмещающими породами; гипогенные и гипергенные изменения пород и руд; тектонические нарушения, особенно нарушения, контролирующие оруденение и смещающие тела полезного ископаемого.

Материалы геофизических и геохимических исследований, проводимых в тех же разведочных выработках, составляются специальными подразделениями геологической службы и совмещаются с материалами геолого-минералогической документации, дополняя и уточняя последние.

Нумерация разведочных выработок скважин, проб и образцов. При разведке месторождений применяется большое количество разнообразных горных выработок, как наземных — закопущки, расчистки, канавы, дудки, шурфы, так и подземных — штольни, квершлагги, орты, штреки, шахты, восстающие. Причем разведка месторождения обычно ведется параллельно на нескольких участках. Для удобства документации и во избежание путаницы при возможном развитии работ, когда участки сливаются в один объект разведки, необходимо заблаговременно установить целесообразную нумерацию выработок, что достигается применением особой нумерации на каждом участке: например, участок № 1 имеет номера от 1 до 999; участок № 2 — от 1000 до 1999 и т. д. В пределах участка лучше всего выработки нумеровать по порядку их мест. Нумерация выработок определяется системой разведки и особенностями производства работ, например при проходке рассечек и ортов удобно пользоваться четными номерами для выработок, расположен-

ных по правой стороне, и нечетными — по левой стороне штрека (штольни).

Другая нумерация должна быть разработана для образцов и проб. Образцы и особенно пробы должны иметь однозначную привязку, и поэтому рекомендуется давать им общий порядковый номер по всему участку или даже месторождению, выделяя для каждого участка (выработки) свой интервал номеров.

Все горные выработки и буровые скважины после заложения включаются в каталог выработок, где указываются их координаты, устья их выносятся на соответствующие планы. Определение координат устья выработки и вынос его на план производятся инструментально с высокой точностью топо-маркшейдерской службой. План расположения горных выработок является одним из важнейших документов — основой, на которой строится вся сводная документация разведки объекта.

Описание горных пород должно содержать полевое название породы, ее цвет, структуру, минеральный состав, распределение минералов и их количественные соотношения; физико-химические свойства породы — крепость, хрупкость, пористость, рыхлость и т. п. Для интрузивных пород должна указываться фациальная принадлежность, наличие порфиридных включений, ксенолитов, шпиров, характер экз- и эндоконтактовых изменений. Для малых интрузий и даек — размеры, мощность, длина, элементы залегания, геоморфологическое выражение. Для осадочных пород важно фиксировать состав, мощность, характер отдельных прослоев, текстуру, состав обломков, величину, ориентировку и степень окатанности частиц, процентные соотношения различных компонентов породы; состав, цвет и тип цемента конгломератов, наличие органических включений, следы размыва и характер взаимоотношений соседних слоев. Для рыхлых пород следует отметить тип отложений, их пространственную и генетическую связь с коренными породами района, форму и состав обломков и соотношение обломков и рыхлого материала.

Наблюдения над телами полезного ископаемого производятся с особой тщательностью. При описании вещественного состава отмечаются макроскопически определяемая минеральная ассоциация, количественное соотношение минералов и их структурные взаимоотношения, текстуры рудного тела. При наличии достаточного опыта в процессе документации бывает возможно определять и промышленные сорта полезного ископаемого. Полевые наблюдения должны подкрепляться данными микроскопических исследований, результаты которых используются при окончательном оформлении материалов геологической документации.

Определение размеров и формы тела полезного ископаемого при первичных геологических наблюдениях часто бывает затруднено, так как документируемые буровые скважины и многие горные выработки являются лишь единичными пересечениями тела. Поэтому для правильного представления об объекте разведки в целом должно

быть установлено единообразие наблюдений по определенной системе. К числу обязательных наблюдений относятся следующие.

Изучение контактов тел, среди которых различаются: резкие, обычно характерные для рудных тел, образованных в открытых полостях, и четкие, но извилистые контакты многих метасоматических образований;

нерезкие контакты, характеризующиеся постепенным, но заметным невооруженным глазом переходом от тела полезного ископаемого к вмещающим породам;

контакты, визуально невидимые, устанавливаемые в результате опробования и характерные для многих вкрапленных, прожилково-вкрапленных и мелкослоистых скоплений полезного ископаемого.

При изучении контакта следует выяснить его тип — стратиграфический, тектонический, диффузионный, инфильтрационный; приуроченность к определенным структурам (складчатым или разрывным); характер контакта — ровный, извилистый, сложный. Для характеристики контактовых зон необходимо брать образцы, указывая места отбора их на зарисовке.

Изучение раздувов, рудных столбов и пережимов тела должно вестись для определения причин и выявления возможных закономерностей в их расположении. Часто по простиранию отмечается как бы выклинивание рудной жилы и тогда ее прослеживание ведется по рудовмещающей трещине, в которой наблюдается комплекс сопутствующих жильных минералов (карбонатов, хлоритов, барита и др.).

Изучение апофиз, представляющих собой ответвление рудного тела, одновременное с ним по образованию. Содержащиеся в апофизах полезные минералы могут иметь промышленное значение, так же как и в основном теле, увеличивая запасы месторождения.

При изучении различного рода ответвлений от рудного тела следует особое внимание уделять их естественному составу и взаимоотношениям с основным рудным телом, для того чтобы не принять за апофизу другую систему рудоносных трещин (рис. 60).

Мощность тела полезного ископаемого часто измеряется по разведочной выработке, пересекающей это тело под случайным углом. Поэтому истинная мощность тела полезного ископаемого устанавливается с учетом соответствующего угла встречи (рис. 61). В случае определения истинной мощности ( $M_n$ ) в плоскости забоя, не перпендикулярного простиранию тела, применяется формула

$$M_n = M \cdot \cos \beta, \quad (21)$$

где  $M$  — измеренная видимая мощность;

$\beta$  — угол, образованный плоскостью забоя с плоскостью, перпендикулярной к простиранию тела.

Если требуется установить истинную мощность наклонно залегающего тела, поперечный размер которого измерен горизонтально, то вводится поправка на угол падения тела ( $\alpha$ ):

$$M_n = M \cdot \sin \alpha. \quad (22)$$

Если имеет место косое пересечение тела как относительно вертикальной, так и относительно горизонтальной плоскостей, то истинная мощность определяется по формуле

$$M_{\text{и}} = M \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha. \quad (23)$$

Описание тектонических нарушений составляется на основании определения простирания и угла падения зоны нарушения, ее мощности и заполнения (наличие милонитов, глинки трения, минерального выполнения); наблюдений брекчирования, рассланцевания, следов скольжения (треугольники выкрашивания); определений положения слоев по отношению к плоскости смещения (завороты слоев),

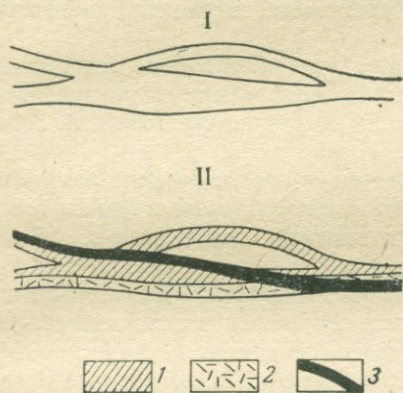


Рис. 60. Строение золоторудной жилы  
I — кварц-турмалиновая минерализация; 2 — кварц-пиритовая минерализация; 3 — полиметаллическая руда. Стадии формирования жилы: I — кварц-турмалиновая, II — полиметаллическая

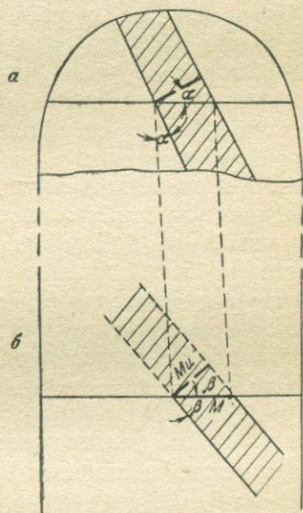


Рис. 61. Построения для определения истинной мощности тела полезного ископаемого

а — забой; б — участок забоя в плане

типа смещения (сброс, надвиг) и амплитуды смещения. Особое внимание уделяется установлению возрастных взаимоотношений тектонических трещин и тел полезного ископаемого.

На месторождениях, где большую роль в локализации оруденения играют мелкие трещины (например, месторождения штокверкового типа), изучение их ведется путем замеров трещин с целью выяснения основных рудоносных систем трещин. Кливаж имеет большое значение на месторождениях, сложенных осадочными породами. По ориентировке кливажа можно установить элементы «невидимых» складок, выделить прослои и пачки горных пород.

Складчатые нарушения фиксируются простиранием и углом погружения или изгиба оси складки, размахом крыльев и их симметрией, положением осевой плоскости (нормальная или опрокинутая складка). В моноклинально залегающих осадочных толщах должно

уделяться внимание положению и ориентировке мелкой складчатости и плейчатости, которые могут помочь в расшифровке общей складчатой структуры месторождения.

Гипогенные и гипергенные наложенные процессы описываются по схеме:

метаморфизм пород, метаморфические фации и зоны (хлоритовая, серицитовая, биотитовая, гранатовая и т. д.), границы их распространения, связь с оруденением;

метасоматические изменения, их тип (щелочной, кремниевый, магнезиально-кальциевый), гидротермальные окологорные изменения (окварцевание, карбонатизация, доломитизация, лиственитизация и т. д.), границы распространения, интенсивность процессов по простиранию и падению рудного тела;

жильные образования по составу (кварцевые, кварц-карбонатные, карбонатные, сульфидные), их мощности, элементы залегания, внутреннее строение;


гипергенные изменения (окисление, выщелачивание, лимонитизация, каолинизация), интенсивность проявления и характер развития (площадной, линейный, по зонам нарушения), глубина зоны окисления.

**Основные требования, предъявляемые к геологической документации, состоят прежде всего в том, чтобы наблюдаемые факты были возможно более точно отображены в записях, зарисовках, фотографиях; отбор каменного материала должен производиться с такой полнотой, которая необходима для характеристики объекта. Записи должны быть по возможности краткими, но не скудными, они должны отражать основные фактические наблюдения. Количество образцов или шлифов должно быть минимальным, но достаточным для характеристики основных разностей горных пород, полезного ископаемого и особенностей их взаимоотношений.**








Большое значение имеет единообразие ведения первичной геологической документации в пределах одного геологического объекта, что достигается применением специальных форм документации, в значительной степени облегчающих работы и повышающих производительность. Непременным условием единообразия геологической документации является единая система условных обозначений — легенда, в основе которой должны лежать стандарты, разработанные для геологической службы СССР. Легенда должна отражать все многообразие геологических явлений, наблюдаемых на данном объекте, и в то же время должна быть компактной, легко запоминающейся, контрастной, четкой. Следует избегать условных знаков, которые могут быть неоднозначно истолкованы. Легенда разрабатывается в двух вариантах: цветовом и штриховом для удобства оперативного выполнения различных графических материалов и доводится до сведения каждого исполнителя, занятого геологической документацией (рис. 62).

Хранение первичной документации должно быть организовано так, чтобы это не отражалось на ее качестве и чтобы было удобно

## МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Интрузивные	Эффузивные		Запасные обозначения
	Палеотипные	Неотипные	
 Граниты	 Кварцевые порфиры	 Липариты	 
 Сyenиты и монзониты	 Порфиры и кератопорфы	 Трахиты	 
 Гранодиориты и диориты	 Кварцевые порфириты и порфириты	 Дациты и андезиты	 
 Габбро и нориты	 Диабазы и метафизы	 базальты и долериты	 
 Ультрасосновые породы	 Ликритовые порфириты	 Ликриты	 

## О С А Д О Ч Н Ы Е П О Р О Д Ы

Простые условные обозначения	Условные обозначения	Примеры комплексных обозначений	Запасные условные обозначения
 Щебенка	 Глинистый сланец	 Известковистый песчаник	
 Брекчия	 Известняк	 Песчанистый известняк	
 Галечник	 Dolomit	 Кремнистый известняк	
 Конгломерат	 Кварцит	 Глинистый песчаник	
 Песок	 Полезные ископаемые (уголь, соль, гипс, руда и т.п.)	 Мергель (глинистый известняк)	
 Песуаник		  Сланец известковистый	
 Глина		  Сланец песчанистый	

## МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ











	Гнейсы гранитного состава		Метаморфические сланцы (филлиты, серицитовые и хлоритовые сланцы)
			
	Гнейсированные габбро и т.п.		Роговики и яшмы
	Кристаллические сланцы (сланцы, роговообманковые, гранатовые и т.п.)		Кварциты
			Кристаллические известняки и мраморы

Рис. 62. Вариант легенды для документации при разведке

ею пользоваться в процессе полевых и камеральных работ. После завершения работ все первичные материалы сдаются в архив на сроки, устанавливаемые соответствующими законоположениями.

**Масштабы геологической документации.** Детальность документации зависит от масштаба проводимых работ, от целевого назначения выработок и особенностей объекта наблюдения. Зарисовки обнажений и горных выработок, как правило, ведутся в масштабе от 1 : 100 до 1 : 20. Отдельные наиболее интересные места документируются в более крупных масштабах, вплоть до зарисовок в натуральную величину. Колонки буровых скважин, составляемые на основании керна или шлама, выполняются обычно в масштабах 1 : 100—1 : 500 в зависимости от глубины скважины и детальности изучения геологического разреза по ней.

На поисково-разведочной стадии и при предварительной разведке месторождения геологические разрезы обычно составляются в том же масштабе, что и геологические карты (1 : 10 000—1 : 1000). В таком же масштабе составляются и литолого-стратиграфические колонки. На стадиях детальной и эксплуатационной разведки погоризонтные планы и разрезы на детально изучаемых частях месторождения составляются в более крупном масштабе — 1 : 500, 1 : 200.

## 2. ДОКУМЕНТАЦИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ЕСТЕСТВЕННЫХ ОБНАЖЕНИЙ

Документация горных выработок и естественных обнажений включает геологические зарисовки с натуры плоскостей обнажений (стенок горных выработок, забоев, кровли, почвы) и краткие, четкие описания наблюдаемого геологического разреза горных пород и тел полезного ископаемого, отбор и регистрацию каменного материала.

Зарисовки в горных выработках, которые производятся в масштабах 1 : 50—1 : 100 в полевой книжке, представляют собой воспроизведение в некотором масштабе геологических контуров обнаженных горных пород и тел полезного ископаемого, особенности их строения и некоторые отличительные черты наблюдаемых геологических явлений. Совмещенная зарисовка различных плоскостей горных выработок называется разверткой. Примеры употребляемых в практике разверток даны при описании документации соответствующих горных выработок.

Перед началом работы следует помнить некоторые общие условия и практические приемы документирования горных выработок.

**Оборудование, принадлежности и инструменты,** необходимые для производства геологической документации: геологический молоток, на ручке которого имеются насечки, соответствующие единицам измерения (дм, см); горный компас с крышкой и зеркалом для удобства фиксирования элементов залегания пород и различных структурных элементов кровли; рулетка тесьмаяная 10-метровая; шнур-ориентир, на котором определенной системой узлов или другим способом отмечаются единицы измерения (один малый узел — 1 м, крупный узел — 5 м, два узла — 10 м и т. д.);

лупа 3—4—10-кратная; полевая книжка или журнал, изготовленный из миллиметровой бумаги и прослоенный калькой (для вынесения в дальнейшем данных геохимических, геофизических и других исследований); карандаши простые и цветные, резинка карандашная; масштабная линейка; перочинный ножик; кусок мела для отметки характерных контуров, границ разрывных нарушений, складок и др.; соляная кислота в специальном сосуде; зубила и небольшая кувалда для откалывания образцов крепких горных пород; мешочки для образцов и геохимических проб; этикетки для образцов; карбидная или аккумуляторная лампа (при работах подземных).

Необходимыми условиями производства геологической документации горных выработок является соблюдение правил техники безопасности и надлежащая подготовка рабочего места.

Прежде всего необходимо обезопасить рабочее место — ликвидировать заколы, козырьки и отслоения горных пород. Затем следует очистить от грязи и пыли плоскости, подлежащие документации (если есть возможность, с помощью воды и грубой щетки).

Обязательным элементом подготовки к документации является разбивка выработки на интервалы с помощью шнура-ориентира и рулетки и привязка ее к ближайшим маркшейдерским знакам.

Производство геологической документации и начинается с осмотра выработки с целью определения ее общих габаритов, примерного геологического разреза и установления наиболее интересных явлений и особенностей, на которые необходимо обратить должное внимание. Интересующие контуры и границы при этом отмечаются мелом или копотью пламени карбидной лампы.

Обычно документирование горных выработок ведется с помощью шнура-ориентира, от которого по нормали рулеткой определяются расстояния до геологических границ и отдельных объектов наблюдения. Но часто в практике, например при зарисовке высоко расположенной кровли и в других случаях, когда нет возможности произвести точные замеры, пользуются методом визуального провешивания нормалей и приблизительного определения расстояний между пунктами и границами, изображаемыми на зарисовке. Контуры горных выработок и положение геологических границ в этих случаях уточняются впоследствии при составлении чистовых зарисовок на маркшейдерской основе.

В зависимости от сложности геологического разреза, вскрываемого горной выработкой, зарисовывается одна или две стенки либо делается полная развертка, сопровождаемая подробным текстовым описанием в полевой книжке. Но независимо от количества зарисовываемых плоскостей, геологические наблюдения ведутся по всей горной выработке, что обязательно отражается в журнале. Наиболее интересные наблюдения зарисовываются и описываются подробнее.

Привязка горных выработок производится маркшейдерской службой. Вся геологическая документация — как черновая, составляемая в выработке, так и чистовая, выполняемая в камеральном

помещении, — должна быть увязана с маркшейдерскими планами и разрезами.

**Геологическая документация канав, расчисток и закопушек.** При геологической документации канав рулетку или шнур-ориентир прокладывают по бровке ее борта. В случае, если канава пройдена уступами, что обычно бывает на крутых склонах, то на границе уступов устанавливают репера (деревянный колышек или чаще крупный камень), которые дают возможность представить общие размеры канавы и облегчают составление зарисовки и описания.

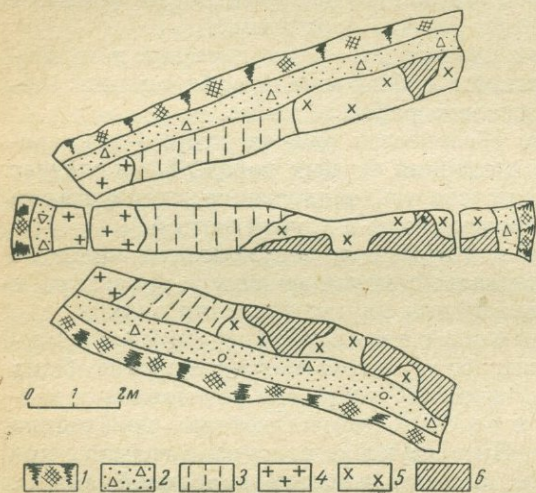


Рис. 63. Документация канавы при полной развертке (вверху — северная стенка, в середине — дно, внизу — южная стенка)

1 — почвенный слой; 2 — делювиальный слой; 3 — гнейсы и кристаллические сланцы; 4 — аплит; 5 — пегматит, 6 — руда (мушкет)

Канавы, пройденные до коренных пород, расчистки и закопушки, как правило, зарисовываются по одной стенке или только по почве. Канавы, пройденные в сложных геологических условиях, вскрывающие разнообразные горные породы, документируются по способу полной развертки, т. е. зарисовываются обе стенки и почва (рис. 63). Масштаб документации обычно принимается 1 : 40—1 : 50. Геологическое описание канавы ведется послойно — сверху вниз и поинтервально по ее длине.

**Документация шурфов и дудок.** Зарисовка шурфов производится по способу развертки (рис. 64). Особенности документации шурфов связаны с их размерами. Глубокие шурфы, которые крепятся, документируются поинтервально в перерывах между их проходкой. Мелкие шурфы документируются после их полной проходки. При документации дудок (шурфов цилиндрической формы) применяются четыре шнура-отвеса, создающие условные грани-стенки, которые зарисовываются в виде плоскостей по способу развертки, аналогично шурфам. Если дудка имеет небольшие размеры, углубляясь в коренные породы до 0,5—1,0 м, или вскрывает простой геологический

разрез, то зарисовка составляется в виде колонки-разреза, ориентированного вкрест простирания пород. Для удобства документации

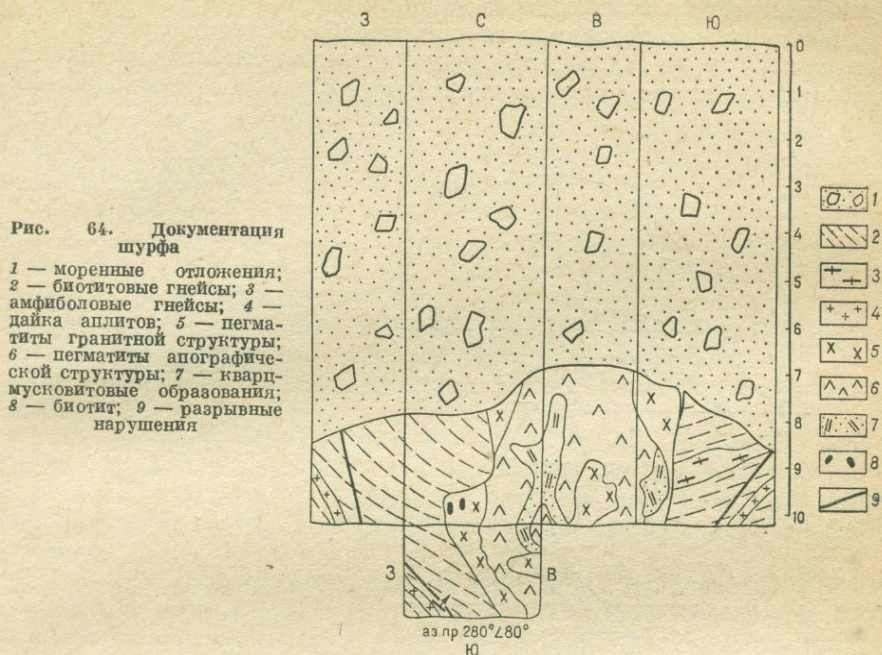


Рис. 64. Документация шурфа

1 — моренные отложения; 2 — биотитовые гнейсы; 3 — амфиболовые гнейсы; 4 — дайка аплитов; 5 — пегматиты гранитной структуры; 6 — пегматиты апографической структуры; 7 — кварц-мусковитовые образования; 8 — биотит; 9 — разрывные нарушения

сложных геологических разрезов по стенкам шурфов и дудок могут провешиваться дополнительные шнуры-отвесы. Масштабы документации шурфов 1 : 20—1 : 50.

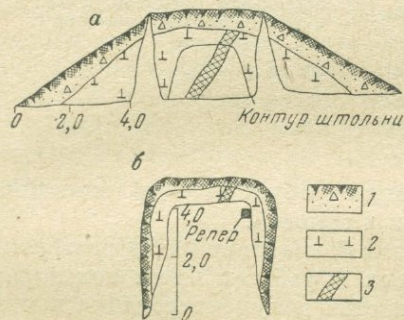


Рис. 65. Документация вреза:

а — развертка; б — план.

1 — рыхлые отложения; 2 — туфы основного состава; 3 — рудное тело

**Документация вреза.** Врез представляет собой частично открытую горизонтальную горную выработку трапециевидного сечения, применяемую для вскрытия выходов тел полезных ископаемых в условиях сильно расчлененного рельефа. Врезы как самостоятельные разведочные выработки проходятся в нескольких пунктах вдоль выходов тела полезного ископаемого, с углублением на 1—2 м в коренные породы. Врезом начинается проходка штольни и он, являясь устьем выработки на косогоре, как правило, полностью закрепляется.

Зарисовка стенок вреза и его забоя производится в виде развертки на вертикальную плоскость (рис. 65). В зависимости от конкретных условий иногда достаточно зарисовки одной стенки и забоя или даже

одного забоя. Если врез служит началом штольни, то при его документации важно отметить репер устья штольни, от которого затем будет вестись измерение ее длины.

Документация подземных горных выработок ведется обычно параллельно с их проходкой, что ограничивает по времени возможности наблюдений, зарисовок и описаний перерывами в проходческом

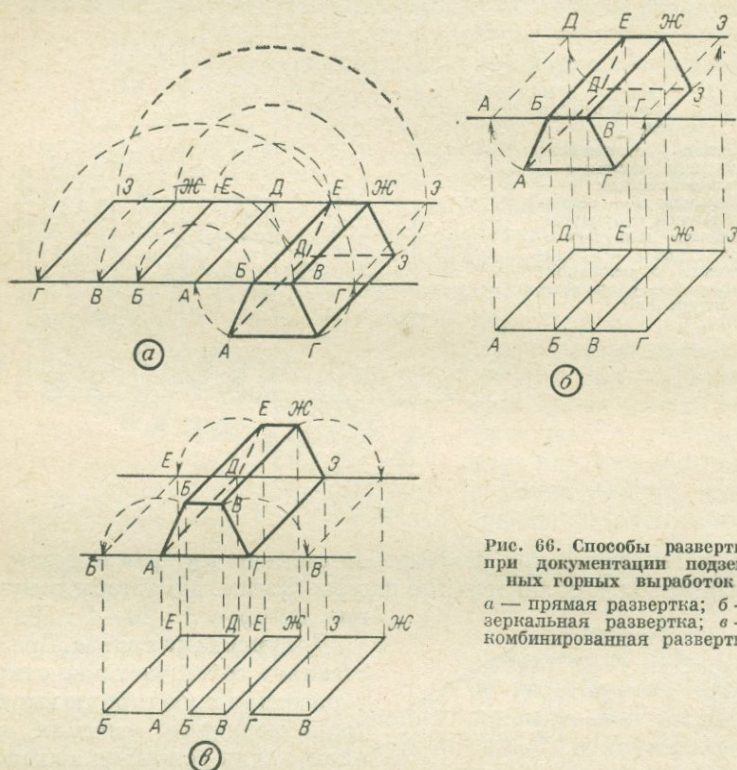


Рис. 66. Способы развертки при документации подземных горных выработок  
 а — прямая развертка; б — зеркальная развертка; в — комбинированная развертка

цикле. Поэтому подземная документация требует особого внимания и тщательного выполнения зарисовок и записей.

Широко применяемый в геологической практике метод развертки при зарисовке горизонтальных горных выработок имеет некоторые особенности, связанные с невозможностью документирования почвы горных выработок и с необходимостью в то же время иметь первичные материалы, удобные при составлении сводной геологической документации — разрезов, погоризонтных планов. Существуют три основных способа разверток: прямой, зеркальный и комбинированный (рис. 66). При прямом способе, как показано на рис. 66, а, стенки выработки и кровля как бы совмещаются в одной плоскости, повернутой для удобства зарисовки на  $180^\circ$ . При этом геологические границы показываются непрерывным контуром. При зеркальном спо-

собе (рис. 66, б) стенки выработки разворачиваются в плоскости кровли и изображение геологических элементов проектируется сверху вниз. Зарисовка по сути дела представляет собой зеркальное отображение этого изображения в плоскости. На практике чаще применяют третий, комбинированный способ развертки, когда стенки выработки зарисовываются как проекции на вертикальные плоскости, а кровля рисуется в зеркальном отражении. В случае прямой развертки при построении погоризонтных планов зеркальную проекцию кровли получают путем копирования зарисовки на кальку на светостоле. Этого существенного недостатка прямой развертки лишены второй и третий способы, при которых кровля зарисовывается в зеркальном отражении — в проекции ее на горизонтальную плоскость. Второй способ более нагляден, так как дает возможность непрерывного прослеживания геологических контуров. Но он не очень удобен в технике зарисовки и, кроме того, совмещение в одной плоскости контуров стенки и кровли выработок практически невозможно, если выработка имеет повороты.

Непрерывным условием документации подземных горных выработок в пределах одного участка или месторождения является применение системы единой развертки для удобства сопоставления данных по отдельным выработкам при составлении сводной геологической графики.

Полные развертки применяются при документировании горных выработок, вскрывающих рудные тела сложной формы со многими апофизами, когда опробуются обе стенки выработки, а также в случае резкого различия геологических разрезов стенок (рис. 67). При документировании горизонтальных горных выработок, пересекающих рудные тела (квершлагги, орты), обычно зарисовываются одна стенка и кровля. В горных выработках, проходимых по простиранию рудных тел (штреки, штольни), основными объектами зарисовок и описаний в случае крутого их падения являются кровля и забой (рис. 68) или, если рудное тело падает полого, — стенка и забой. В зависимости от строения рудного тела забой документируется через определенные интервалы или в наиболее интересных, максимально изменчивых сечениях, что выясняется при его осмотре после каждой проходки.

При проведении геологических наблюдений в подземных горных выработках важным вопросом является их точная привязка, которая обычно осуществляется маркшейдерской службой. При документировании все отсчеты расстояний следует вести от маркшейдерских реперов. При горизонтальном положении выработки шнур-ориентир протягивают по середине стенки или по центру кровли. Геологические границы определяются по положению их относительно этого шнура. Если выработки пройдены не строго горизонтально и имеют изгибы, провешивание шнуров-ориентиров проводится в пределах прямолинейных участков выработок (рис. 69, а). В этих случаях на зарисовках смежные участки имеют незначительное перекрытие, что необходимо отметить в описании.

Юго-восточная стенка

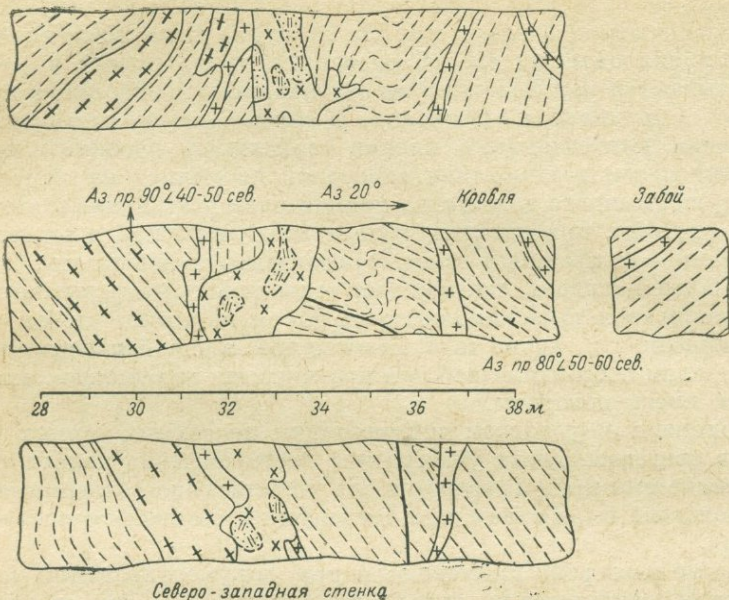


Рис. 67. Документация квершлага при прямой развертке.  
(Условные обозначения см. на рис. 64)

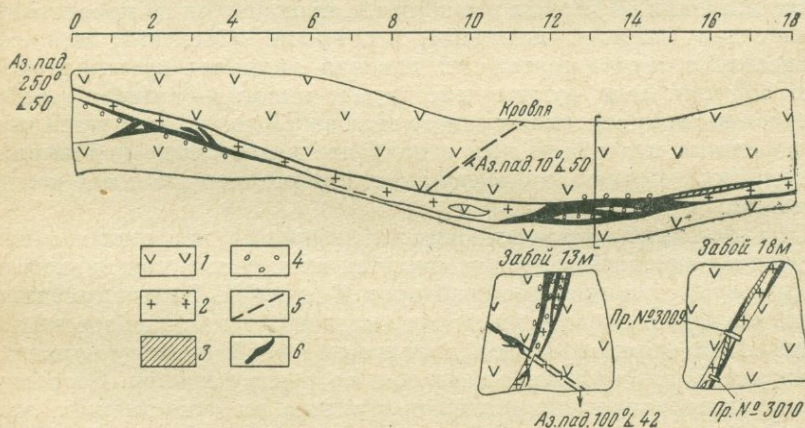


Рис. 68. Документация штрека

1 — амфиболиты; 2 — сиениты; 3 — кварцевые жилы; 4 — березит; 5 — разрывные нарушения; 6 — рудное тело

При документировании подземных вертикальных и наклонных горных выработок, проходимых по падению тел, в зависимости от строения тела зарисовываются одна или две стенки по методике, изложенной выше при характеристике документации шурфов и дюдок. Зарисовки крутонаклонных горных выработок ведутся с помощью шнуров-отвесов (рис. 69, б). Когда выработка имеет значительные отклонения от вертикали, условная осевая линия намечается с помощью шнура-ориентира, протягиваемого по документируемой стенке выработки. Угол наклона шнура относительно горизонта заносится в журнал. Геологические границы наносятся в зарисовке по их положению относительно отвесов и шнура-ориентира.

**Особенности геологической документации угольного пласта** заключаются в его зарисовке и описании, составленных на основе тщательного изучения изменений строения и мощности угольных пачек и породных прослоев с указанием их состава (рис. 70). В описание должны вноситься данные о крепости, плотности, структуре, изломе, трещиноватости, цвете и блеске угля. Особое внимание обращается на характер контакта угольного пласта с вмещающими породами (нормальный стратиграфический, фациальное замещение, размыв и несогласие, тектонический) и физико-механические свойства пород в зоне контакта — их слоистость и устойчивость. Полная характеристика пласта включает данные по его водоносности (сухой, влажный, мокрый), газоносности, пыленосности, тектоническим нарушениям и трещиноватости. Наиболее тщательно описываются породы кровли

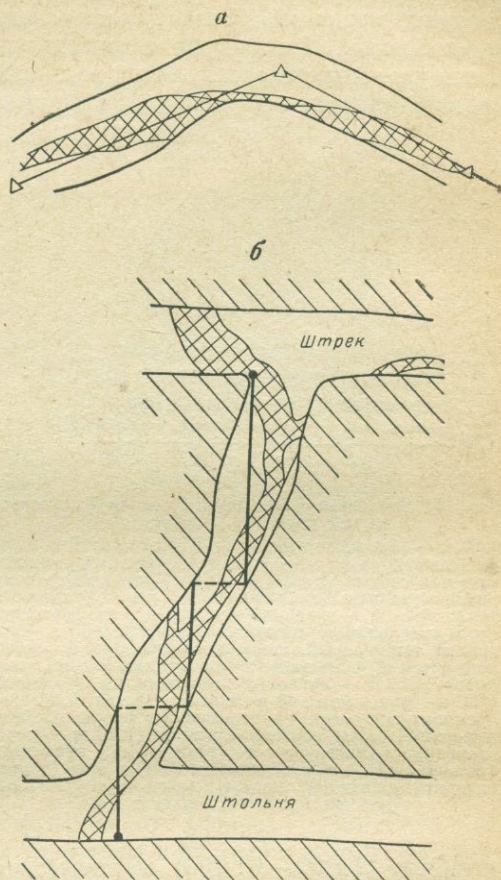


Рис. 69. Документация горных выработок с помощью шнура-ориентира: а — горизонтальной; б — восстающего по крутопадающему телу

и трещиноватости. Наиболее тщательно описываются породы кровли

и почвы пласта с выделением пород ложной и основной кровли и пород, подверженных пучению.

В пределах развития тектонических нарушений фиксируются элементы залегания пластов до и после нарушения, наличие и положение подворотов слоев, характер нарушения (складка, пережим, раздвиг, смещение), фиксируются следы скольжения и направление перемещения. При документации мелкой трещиноватости и кливажа как в угольных пластах, так и во вмещающих породах определяется пространственное положение трещины по элементам залегания, ее мощность, минеральное выделение.

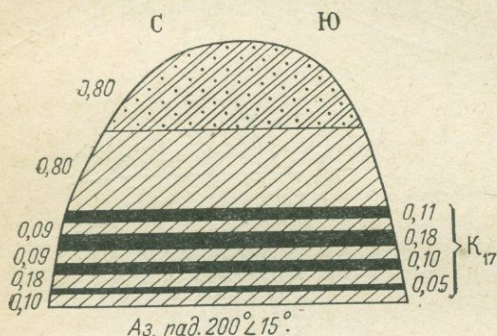


Рис. 70. Зарисовка забоя, вскрывающего угленосную пачку (по А. И. Воронкову)

0,10 м — аргиллит темно-серый с отпечатками флоры, слабый; 0,05 м — уголь полуматовый штриховато-полосчатый, хрупкий; 0,18 м — аргиллит темно-серый с тонкими прослоями (менее 1 см) полуматового угля; 0,10 м — уголь полуматовый с многочисленными плоскостями притирания, слабый; 0,09 м — аргиллит темно-серый, глиноподобный; 0,18 м — уголь полуматовый с линзами и признаками фюзена, слабый; 0,09 м — аргиллит темно-серый, слабый; 0,11 м — уголь матовый с линзами фюзена; 0,80 м — аргиллит темно-серый с отпечатками флоры, слабый, в верхней части средней крепости; 0,80 м — переслаивание мелкозернистого темно-серого песчаника с алевролитом, с отпечатками флоры и прослоями сидеритизированной породы мощностью до 2 см, средней крепости. Забой сухой

штабные (1 : 50—1 : 100) маркшейдерские планы для того, чтобы иметь возможность достаточно надежно увязывать эти наблюдения при составлении сводных чертежей.

Геологическая документация естественных обнажений производится на всех стадиях геологоразведочных работ с детальностью, обеспечивающей решение стоящих перед этими работами задач. Документация естественных обнажений дает возможность определения взаимоотношений пород, крупных и локальных разрывных и складчатых структур, особенностей их строения, элементы залегания, ландшафтные условия. Это достигается как зарисовками, так и фотографированием (рис. 71).

Основные требования к документации естественных обнажений заключаются в следующем:

фотографии и зарисовки должны быть однозначно привязаны и понятно ориентированы;

масштаб документации должен соответствовать принятому масштабу работ, излишние детали и подробности затрудняют интерпретацию первичного материала; наиболее интересные и характерные детали можно документировать в более крупном масштабе;

при фотографировании и зарисовке глубоко врезанных бортов долин необходимо четко измерять углы падения пород во избежание ложного толкования элементов залегания за счет искажения линий выходов слоев на склонах долины.

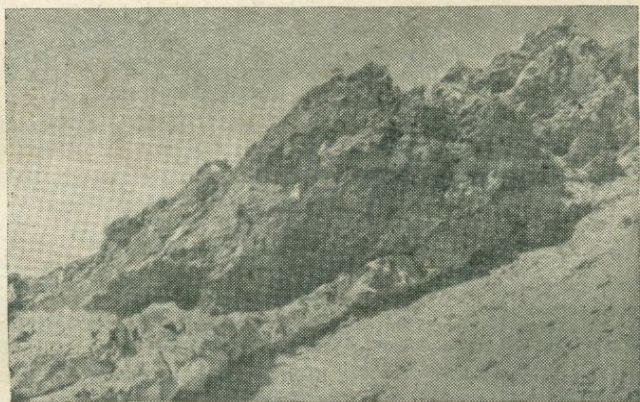


Рис. 71. Фотодокументация коренного обнажения. Межпластовая дайка спилитов мощностью 3—5 м на контакте толщи кварцсерицитовых сланцев (светлые внизу) и углесто-кремнистых сланцев (темные сверху)

В полевом дневнике фотодокументации отмечаются номера пленки, кадра, условия съемки. Чтобы лучше отдешифровать фотоснимок, иногда полезно сделать абрис фотографируемого объекта.

Основные достоинства геологической фотодокументации состоят в возможности проведения этой работы в сжатые сроки, в отражении наблюдаемых геологических явлений с любой степенью детальности, в объективности получаемых первичных геологических документов.

Документатор должен владеть техникой фотосъемок в различных условиях и хорошо знать геологическое строение месторождения и задачи документации, чтобы правильно выбирать объекты фотографирования и предвидеть его результаты.

Геологическая фотодокументация может производиться различными узко- и широкоформатными фотоаппаратами с набором сменной оптики (объективов и насадочных линз). К таким фотоаппаратам относятся ФЭД, «Зоркий» (объективы: Спутник-4, МР-2, Орион-15 и др.), зеркальные камеры типа «Зенит» (объектив Мир-1), «Любитель» (с насадочными линзами), «Спутник» (для стереосъемки) и др. Для съемок в подземных горных выработках применяются

импульсные фотовспышки типа «Луч». Из обязательного снаряжения нужно иметь фотоэкспонетр (типа «Ленинград»), фотоштатив с универсальной головкой, набор цветных и поляризационных светофильтров и другое оборудование, обеспечивающее фотосъемку в различных природных условиях. Кроме того, необходимо иметь специальный масштабный шнур и масштабные рейки, на которых хорошо видны единицы измерения.

Фотодокументация включает следующие основные виды работ: подготовительные, производство фотосъемки, фотолабораторные, фотомонтажные, дешифрирование фотоснимков.

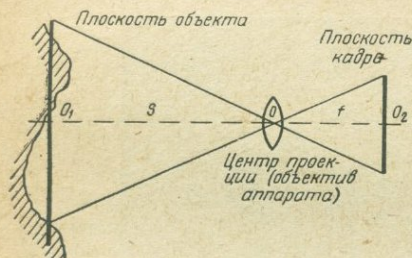


Рис. 72. Схема центральной проекции  
 $O-O_2 = f$  — расстояние от центра проекции до плоскости кадра (фокусное расстояние) в см;  $O-O_1 = S$  — расстояние от центра проекции до плоскости объекта съемки (отстояние) в см

в маркировании геологических контуров и основных объектов наблюдения мелом или копотью.

Производство фотосъемки требует соблюдения ряда следующих условий:

а) установка аппарата должна обеспечивать перпендикулярность оптической оси объектива к условной плоскости фотографируемой поверхности;

б) определение масштаба негатива производится с помощью масштабного шнура и масштабных реек. Если по условиям съемки масштабные приспособления использовать нельзя, масштаб негатива  $M_n$  определяется по формуле

$$M_n = \frac{S}{f \cdot 100},$$

где  $f$  — фокусное расстояние объектива, см;

$S$  — расстояние от центра проекции до объекта съемки (отстояние), см (рис. 72);

в) в соответствии с освещенностью объекта съемки подбираются диафрагма, светофильтры и время экспозиции.

В пикетажную книжку заносятся следующие данные: место съемки и его привязка к топографической или маркшейдерской основе,

Подготовительные работы состоят:

в выравнивании фотографируемой поверхности и очистке ее от пыли и грязи;

в разметке участка, производимой для обеспечения необходимого перекрытия соседних снимков (при нормальной фотосъемке до 10%, при стереосъемке до 60%) и определении точек стояния аппарата;

в расстановке масштабных реек или шнуров, производимой с таким расчетом, чтобы на каждый фотоснимок приходилось не менее трех масштабных меток (в центре и по краям снимка);

условия съемки, назначение и цель съемки, краткие геологические наблюдения с указанием характерных особенностей объекта фотографирования — элементов залегания пород, разрывных нарушений и т. п. В случае сложного строения участка производится схематическая зарисовка фотографируемого объекта или отдельных его частей.

Обработка фотопленок и фотобумаги проводится по известным методикам, освещенным в специальной литературе. Особенностью позитивного процесса при геологической документации является необходимость изготовления отпечатков в определенном масштабе, для чего используются изображенные на снимке масштабные приспособления. Если съемки проводились без масштабных реек, масштабирование снимков производится по величине изображения на экране увеличителя, для определения которой пользуются формулой

$$D = d \frac{M_n}{M_o}$$

где  $D_n$  — размер изображения на экране увеличителя, мм;

$d$  — размер изображения на негативе, мм;

$M_n$  — масштаб негатива;

$M_o$  — требуемый масштаб отпечатка.

В табл. 17 даны размеры отпечатка на экране увеличителя в зависимости от требуемого масштаба документации.

Таблица 17

Размеры отпечатка на экране увеличителя, мм

Масштаб изображения на негативе	Масштаб фотоотпечатка		Масштаб изображения на негативе	Масштаб фотоотпечатка	
	1 : 50	1 : 20		1 : 50	1 : 20
1 : 30	14,4 × 21,6	36,0 × 54	1 : 72	34,6 × 51,8	86,4 × 129,6
1 : 32	15,4 × 23,0	38,4 × 57,6	1 : 74	35,5 × 53,3	88,8 × 133,2
1 : 34	16,3 × 24,5	40,8 × 61,2	1 : 76	36,5 × 54,7	91,2 × 136,8
1 : 36	17,3 × 25,9	43,2 × 64,8	1 : 78	37,4 × 54,2	93,6 × 140,4
1 : 38	18,2 × 27,4	45,6 × 68,4	1 : 80	38,4 × 57,6	96,0 × 144,0
1 : 40	19,2 × 28,8	48,0 × 72,0	1 : 82	39,4 × 59,0	98,4 × 147,6
1 : 42	20,2 × 30,2	50,4 × 75,6	1 : 84	40,3 × 60,5	100,8 × 151,2
1 : 44	21,1 × 31,7	52,8 × 79,2	1 : 86	41,2 × 61,9	103,2 × 154,8
1 : 46	22,1 × 33,1	55,2 × 82,8	1 : 88	42,2 × 63,4	105,6 × 158,4
1 : 48	23,0 × 34,6	57,6 × 86,4	1 : 90	43,2 × 64,8	108,0 × 162,0
1 : 50	24,0 × 36,0	60,0 × 90,0	1 : 92	44,2 × 66,3	110,4 × 165,6
1 : 52	25,0 × 37,4	62,4 × 93,6	1 : 94	45,1 × 67,7	112,8 × 169,2
1 : 54	25,9 × 38,9	64,8 × 97,2	1 : 96	46,1 × 69,2	115,2 × 172,8
1 : 56	26,9 × 40,3	67,2 × 100,8	1 : 98	47,0 × 70,6	117,6 × 176,4
1 : 58	27,8 × 41,8	69,6 × 104,4	1 : 100	48,0 × 72,0	120,0 × 180,0
1 : 60	28,8 × 43,2	72,0 × 108,0	1 : 102	49,0 × 73,5	122,4 × 183,6
1 : 62	29,8 × 44,6	74,4 × 111,6	1 : 104	49,9 × 74,9	124,8 × 187,2
1 : 64	30,7 × 46,1	76,8 × 115,2	1 : 106	50,9 × 76,3	127,2 × 190,8
1 : 66	31,7 × 47,5	79,2 × 118,8	1 : 108	51,8 × 77,8	129,6 × 194,4
1 : 68	32,6 × 49,0	81,6 × 122,4	1 : 110	52,8 × 79,2	132,0 × 198,0
1 : 70	33,6 × 50,2	84,0 × 126,0			

Фотомонтаж, т. е. объединение всех снимков в единый план, достигается их совмещением по ориентированным направлениям, идентичным контурам и характерным точкам, что удобно производить на светостоле. После обрезки лишних участков снимки соединяют друг с другом пластырем, клейкой лентой или наклеивают на чертежную бумагу.

Дешифрирование фотоснимков сводится к определению их геологического содержания. Основными критериями для интерпретации снимков являются геологические и фотографические факторы.

К геологическим факторам относятся контуры, форма, структурные, текстурные особенности геологических образований и условий

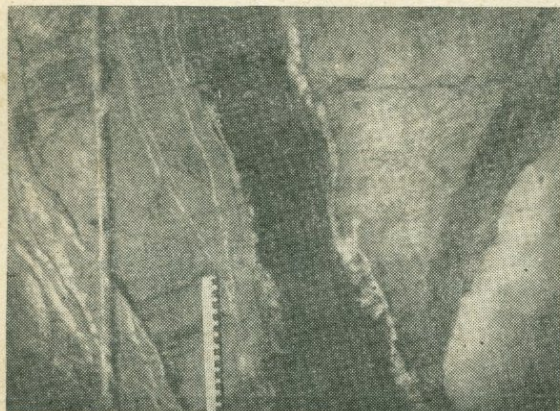


Рис. 73. Фотодокументация  
стенки штрека  
Кварц-сульфидная  
жила в гранитах:  
черное — сульфиды,  
белое — кварц, вмещающие  
породы (серые) — граниты

их залегания. По этим характерным признакам геологических образований при дешифрировании можно: оконтурить рудные тела, провести контакты между литологически различными породами (рис. 73), выделить участки гидротермальных или метасоматических изменений, проследить отдельные горизонты трещины и рудные тела по простиранию и падению, выявить определенные элементы тектоники: сланцеватость, трещиноватость, зоны дробления и смятия, мелкую складчатость, которые обычно хорошо видны на фотоснимках. Так же четко фиксируются текстурные элементы пород, а на крупномасштабных снимках — равномерно- и неравномернозернистые, порфировые и обломочные структуры.

Большое значение для дешифрирования фотоснимков имеют частные условия фотосъемок и совокупность определяемых ими признаков, основным выражением которых является тон фотографического изображения.

Гамма цветов и яркость природных объектов на фотоснимках передаются различными оттенками серого цвета. Тон изображения может изменяться в широких пределах, причем одни и те же геологические объекты могут иметь различный тон и соответственно разные объекты могут иметь одинаковый тон. Тон изображения зависит от

яркости и цвета горных пород, от положения фотографируемой поверхности относительно источников освещения, качества подготовки ее к съемке, отстояния, качества фотоизображения и других факторов.

Для повышения качества дешифрирования снимков при фотосъемке рекомендуется применять цветные и поляризационные светофильтры, которые помогают получить более контрастные снимки с одинаковыми тонами изображения одних и тех же горных пород или геологических объектов. По возможности камеральное дешифрирование нужно уточнять по документируемым обнажениям с применением, если необходимо, ретуши.

Большие возможности для развития фотодокументации в разведочных выработках и по естественным обнажениям открывает применение цветного и инфракрасного фотографирования.

Результатом дешифрирования фотомонтажных схем являются фотопланы, фоторазрезы, фоторазвертки, которые в совокупности с журналом описания горных выработок являются первичными геологическими фотодокументами.

Для удобства пользования данными первичной геологической фотодокументации при составлении сводных геологических планов и разрезов изготавливаются копии фотодокументов на кальке с использованием условных обозначений утвержденной геологической легенды. Эта калька хранится с первичным фотодокументом, на котором указываются наименование выработки, масштаб, дата производства работ, номера пленки и кадров, вошедшие в фотомонтаж, схема привязки к маркшейдерской сети.

Хранение геологической фотодокументации производится в условиях, обеспечивающих сохранность качества фотоотпечатков и негативного материала. В специальном журнале, который также является документом первичной геологической документации, указываются номер негатива, дата и условия съемки, точная привязка документируемого участка.

### 3. ДОКУМЕНТАЦИЯ БУРОВЫХ СКВАЖИН

Основными первичными материалами по скважинам являются сведения о наблюдениях в процессе бурения, фиксируемые в буровом журнале, керн, шлам и осадки буровой мути. В буровой журнал, составленный по определенной форме, заносятся данные о заложении скважины, ее координаты, конструкция, режимы бурения, для наклонных скважин — азимут направления ствола и угол наклона. В процессе бурения в журнал вносятся данные по каждому рейсу проходки: длина поднятой колонки керна и название горной породы.

Буровой керн укладывается в специальные деревянные ящики в порядке поступления из колонковой трубы сверху вниз и слева направо. Каждый интервал керна отмечается биркой, на которой несмываемым карандашом делается запись: название месторождения, участок, номер скважины, интервал бурения, длина колонки керна,

диаметр скважины, название горной породы, подпись сменного бурового мастера и дата. Если есть возможность, отдельные кусочки бурового керна номеруются и стрелкой указывается их ориентировка. Буровой шлам и осадок буровой мути запаковываются в мешочки,

в которые вкладывается этикетка или бирка с указанием скважины и интервала бурения. При укладке керна производят ориентировку отдельных кусков относительно оси скважины по направлению слоистости или другим текстурным и структурным элементам, пространственное положение которых на данном участке и, следовательно, в пределах разреза, вскрываемого скважиной, не вызывает сомнения и может толковаться однозначно. В изверженных горных породах в определении пространственного положения керна может помочь ориентировка темноцветных минералов, флюидальность, шпильки и другие характерные элементы текстуры и структуры.

Обычная зарисовка по разрезу буровых скважин составляется в масштабах 1:100—1:500, а важные детали керна — в масштабах 1:5—1:20. Зарисовка выполняется в виде проекции на плоскость сечения, проходящего вдоль оси скважины (рис. 74). Она обычно производится по интервалам проходки, причем каждая плашка керна фиксируется отдельно. В случае, если скважина пересекает разрез хорошо исследованных пород, зарисовываются только рудные и наиболее интересные интервалы керна (отдельные включения, контакты пород, пересечения прожилков и трещин). На зарисовках указывают номер скважины, глубины подъема, мощности, углы встречи трещин и контактов с осью керна, места взятия и номера образцов, интервалы опробования, номера проб.

Описание керна ведется по каждому интервалу проходки отдельно или обобщенно по нескольким смежным интервалам, если скважина вскрывает одну и ту же породу. Наиболее детально описываются интервалы проходки по телу полезного ископаемого. Здесь особенно важно определить угол встречи контактов рудного тела с осью керна для того, чтобы иметь представления об истинной мощности тела

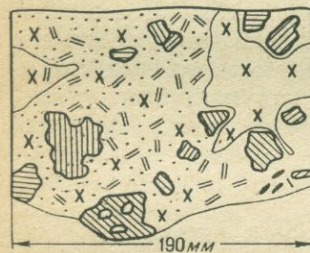
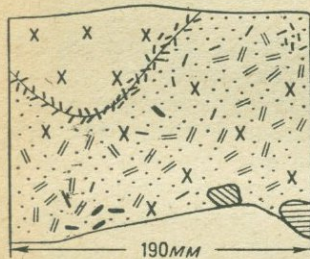
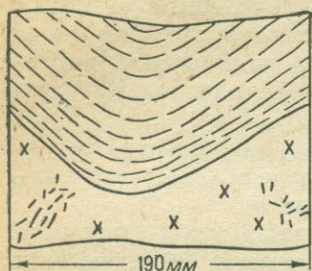


Рис. 74. Зарисовки керна  
1 — гнейсы; 2 — граниты; 3 — включения серицита; 4 — пластинки мусковита; 5 — ксенолиты метаморфических сланцев; 6 — вкрапленность сульфидов

полезного ископаемого и под каким углом скважина его пересекает («угол встречи»).

Первичная документация буровой скважины заканчивается составлением колонки-разреза, которая является суммой первичных полевых наблюдений (рис. 75). На колонку-разрез кроме указанных выше сведений выносятся результаты геофизических исследований (электрокаротаж, гамма-каротаж, данные инклинометрии) и результаты анализа проб. В краткой геологической характеристике при этом приводится обобщенное описание горных пород вскрываемого разреза. Колонка-разрез по скважине является обобщенным первичным документом, который используется при составлении сводной геологической документации.

**Построение разреза по скважине.** В силу различных природных и технических причин скважины колонкового бурения в процессе проходки отклоняются от заданных направлений, т. е. искривляются. Различают азимутальное искривление — отклонение от заданного азимута скважины и зенитное — отклонение от заданного угла наклона скважины. Измерение зенитных углов скважины ( $\theta$ ) и азимуты ее направления ( $\alpha$ ) позволяют определить пространственное положение скважины, что является необходимым условием при построении разрезов. При незначительных (до  $10^\circ$ ) азимутальных отклонениях от заданного направления ошибки в пространственной ориентировке не превышают ошибок построения и могут не учитываться. В случае более значительных азимутальных отклонений и при любых зенитных искривлениях пространственное положение оси скважины определяется с помощью расчетов и графических построений.

Измерение углов искривления скважины (инклинометрия) производится специальными приборами, данные которых заносятся в каротажный журнал. Частота замеров зависит от конкретных условий (обычно 25—50 м), определяемых геологическим заданием, как, например, необходимостью подсесть рудное тело на определенной глубине, и техническими условиями проходки.

Чтобы изобразить в разрезе искривленную буровую скважину, делают построения в двух или в трех плоскостях: в горизонтальной и вертикальной или в горизонтальной и двух вертикальных (рис. 76). Если скважина задавалась вертикальной, то одна из вертикальных плоскостей ориентируется вкрест простирания исследуемой структуры (толщи, зоны), а другая — по простиранию. При наклонной скважине одна из вертикальных плоскостей должна совпадать с плоскостью, в которой была задана наклонная скважина.

Пример построений для характеристики искривления скважины показан на рис. 76. Эти построения делаются на основании измерений углов по скважине, заданной в точке  $O$ : зенитных  $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$  и т. д. и азимутальных  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  и т. д. через расстояния  $l_1, l_2, l_3$  и т. д. Для построения разрезов используются три плоскости:  $OXZ, OXY, OYZ$ , на которые выносятся проекции искривленной буровой скважины.

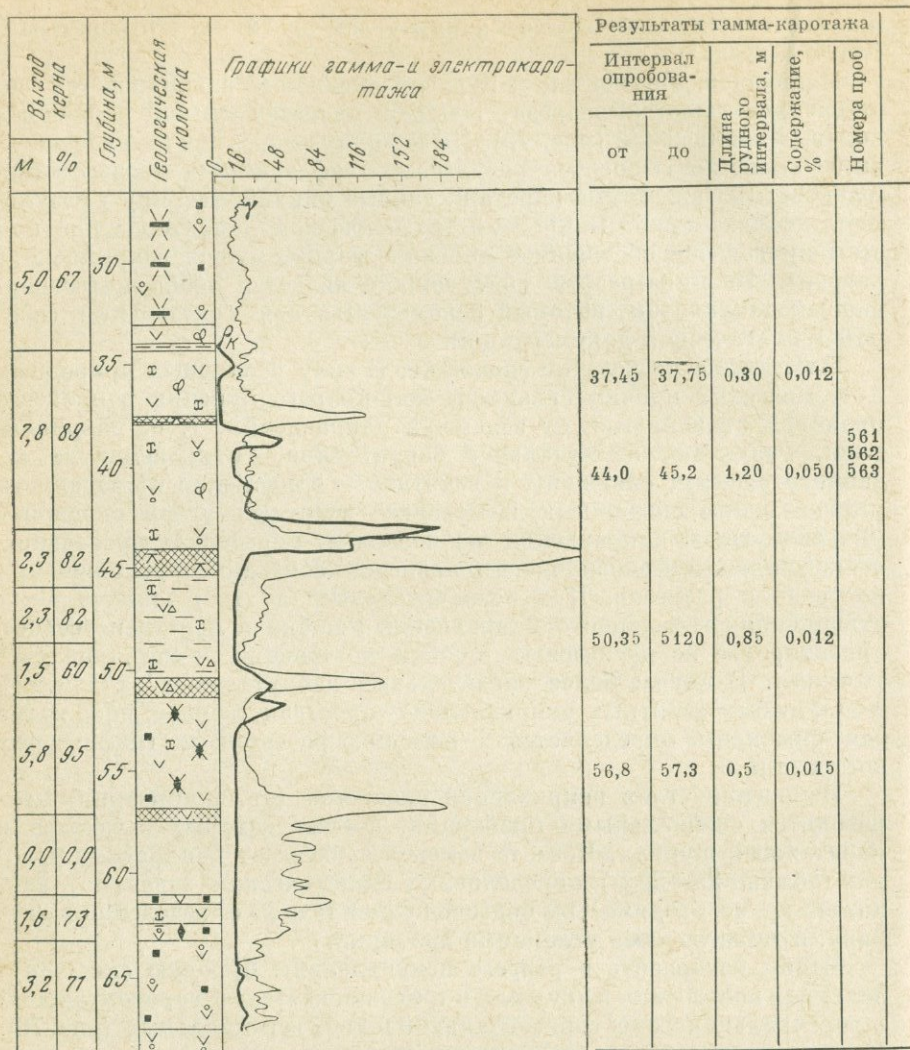


Рис. 75. Документация

На горизонтальную плоскость из точки  $O$  к оси  $OX$  проводится линия под углом, равным полусумме азимутальных углов при устье скважины ( $\alpha_0$ ) и в первой точке замера ( $\alpha_1$ )

$$\alpha_{(0-1)} = \frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2}$$

На этой линии откладывается отрезок  $l_{(0-1)}$ , равный проекции первого интервала ( $l_1$ ) на горизонтальную плоскость:

$$l_{(0-1)} = l_1 \cdot \sin \theta_{(0-1)},$$

Номера и границы геохимических проб	Глубина геологических границ, м	Краткое описание пород и руд по интервалам, м
15824	26,6 33,0	26,6–33,0. Трахитовый порфир светло-серый, пузыристый с вкрапленностью сульфидов и прожилками кальцит-сульфидного состава
15825	33,0 37,6 37,8	33,0–37,6. Фонолит бутылочно-зеленый с вкрапленностью сульфидов и гнездами флюорита
15826	37,8 44,0	37,8–44,0. Трахитовый порфир, сферолитовый, светло-зеленый
15827	44,0 45,2	44,0–45,2. Рудное тело. Риолитовый порфир фиолетово-серый, окремненный, с густой вкрапленностью сульфидов, флюорита и густой сетью прожилков кальцит-сульфидного состава
15828	45,2 50,35 52,2	45,2–50,35. Трахитовый порфир темно-зеленый, сильно хлоритизированный, рассланцованный под углом $\sim 70^\circ$ к оси, флюидалность параллельна расланцеванию. Встречаются обломки трахитовых порфиров размером до 10 мм в поперечнике
15829	52,2 56,8	52,2–56,8. Фонолит темно-зеленый сильно хлоритизированный с редкими прожилками флюорит-сульфидного состава
15830	56,8 57,3	56,8–57,3. Трахитовый порфир серый, трещиноватый, сильно-окремненный, с вкрапленностью сульфидов и прожилками флюорит-сульфидного состава
15831	57,3 61,0	57,3–61,0. Керн нет
15832	61,0 62,4	61,0–62,4. Фонолит темно-серый до темно-зеленого, сильно хлоритизированный, с густой вкрапленностью сульфидов и флюорита и прожилками флюорит-сульфидного состава
15833	62,4 63,2	62,4–63,2. Трахитовый порфир окремненный, светло-серый с сизым оттенком, массивный, с густой вкрапленностью сульфидов и флюорита
15834	63,2 67,5	63,2–67,5. Трахитовый порфир темно-зеленый, сильно хлоритизированный с вкрапленностью сульфидов

скважины (фрагмент)

где

$$\theta_{(0-1)} = \frac{\theta_0 + \theta_1}{2}.$$

Для построения второй точки замера проводится линия через точку  $I$ , параллельная оси  $OX$ , и под углом к ней проводится другая линия; этот угол находится как полусумма углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ :

$$\alpha_{(1-2)} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}.$$

На второй линии откладывается отрезок  $l_{(1-2)}$ , являющийся проекцией второго интервала ( $l_2$ ) на горизонтальную плоскость. Величина отрезка вычисляется из выражения

$$l_{(1-2)} = l_2 \cdot \sin \theta_{(1-2)},$$

где

$$\theta_{(1-2)} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}.$$

Последующие построения ведутся аналогично интервал за интервалом.

Чтобы получить проекцию скважины на вертикальную плоскость, выносятся точки 1, 2, 3 и т. д. на ось  $OX$  или  $OY$ .

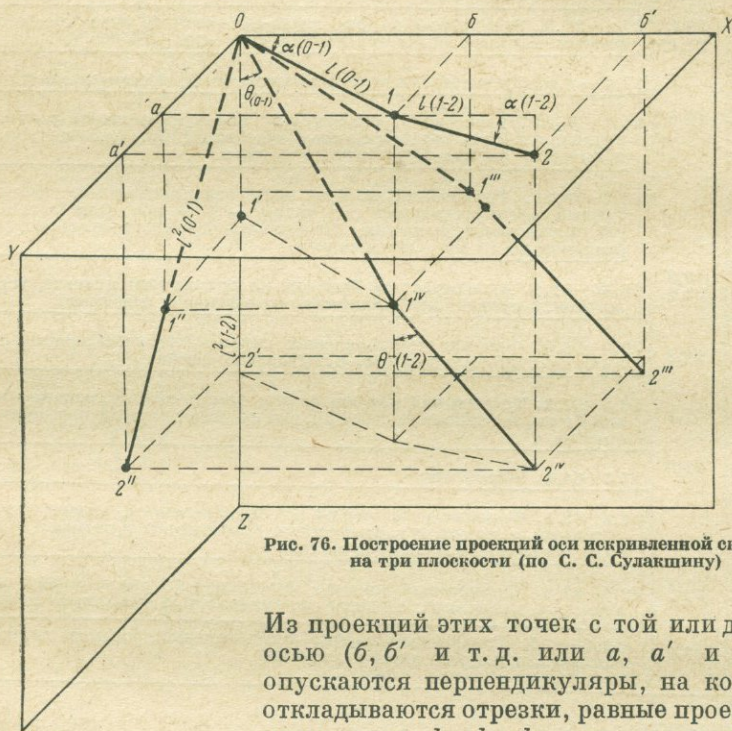


Рис. 76. Построение проекций оси искривленной скважины на три плоскости (по С. С. Сулакшину)

Из проекций этих точек с той или другой осью ( $b, b'$  и т. д. или  $a, a'$  и т. д.) опускаются перпендикуляры, на которых откладываются отрезки, равные проекциям интервалов  $l_1, l_2, l_3$  и т. д. на вертикальную ось  $OZ$ . Для первой точки она равна  $l \cdot \cos \theta_{(0-1)}$ , для второй  $l_1 \cdot \cos \theta_{(0-1)} + l_2 \cdot \cos \theta_{(1-2)}$  и т. д.<sup>1</sup>

Обработка и хранение керна осуществляется в специальных помещениях — кернохранилищах, оборудованных полками по размеру керновых ящиков. На стенках ящиков, обращенных к проходу между рядами полок, масляной краской выписывают название

1 Для упрощения расчетов можно рекомендовать «Таблицы горизонтальных и вертикальных проекций для вычисления искривлений скважин» (Шустин, 1970).

месторождения, номер скважины, пробуренный интервал и номер ящика. В таких хранилищах на длительное время помещаются керн опорных скважин, т. е. таких, которые наиболее полно характеризуют геологический разрез месторождения и важные его особенности. Керн интервалов, пройденных по полезному ископаемому, сохраняется полностью, даже если керн вмещающих пород сокращен по однотипным скважинам.

Сокращение керна производится после установления геологического разреза, когда в достаточной степени хорошо изучены типичные породы и их взаимоотношения, фациальные переходы и контакты, разрывные нарушения и связанные с ними изменения пород. После отбора эталонных и музейных образцов при систематическом просмотре керна по однородным его интервалам отбираются на хранение образцы керна длиной 10—20 см и укладываются в керновые ящики. На кусках керна пишут номер скважины и интервал, который он должен характеризовать. Аналогичные данные выносят на деревянные плашки, разделяющие соседние куски керна. Оставшиеся образцы керна должны обеспечивать возможность составления детального разреза по скважине и, таким образом, представляется возможность контролировать составленные буровые колонки.

Сокращенный керн зарывают в землю. В случае, если бурение производится на отдаленных участках, откуда доставка керна на базу невозможна, захоронение керна производится на месте бурения. Для этого неглубокая (до 0,3—0,5 м) яма выстилается толем и укрепляется досками. Уложенный керн перекрывается толем и досками и засыпается землей. Место захоронения керна инструментально привязывается к топооснове. О способе и месте захоронения керна составляется акт.

Ликвидация керна производится в случае, если он полностью утрачивает научное и производственное значение, что обычно происходит в результате проходки впоследствии горных разведочных и эксплуатационных выработок, более полно характеризующих геологическое строение объекта, чем керн скважин. Уничтожение керна осуществляется по решению специальной экспертной комиссии.

**Документация шнековых скважин.** Шнековое бурение широко применяется при гидрогеологических исследованиях и при изучении рыхлых отложений. Геологическая документация шнековых скважин производится по образцам пород: а) поступающих на поверхность в результате вращения шнека при непрерывной углубке скважины; б) закрепившихся на нижнем конце шнека; в) отобранных магазинными (колонковыми) шнеками. Документация скважины ведется поинтервально. После углубки на длину шнека производится подъем снаряда, выбуренный материал отбирается и фиксируется по соответствующему интервалу скважины. При непрерывной углубке шнеков, когда не производится подъемов, глубина залегания перебуриваемой породы определяется путем несложного расчета по формуле Д. Н. Башкатова

$$H = \frac{l(v_T - v_6)}{v_T} \quad (24)$$

где  $H$  — глубина залегания породы, см;

$l$  — глубина скважины в момент начала выдачи породы из устья, см;

$v_T$  — вертикальная скорость транспортировки породы относительно шнека (определяется эмпирически), см/сек;

$v_6$  — скорость бурения, см/сек.

Вертикальная скорость транспортировки зависит от состава пород и их физического состояния, и эта формула может быть применима только для более или менее однородного разреза рыхлых отложений и при постоянном числе оборотов шнека и одном и том же его диаметре. Границы различных пород в разрезе определяются по изменениям режима бурения.

**Документация скважин бескернового бурения.** Бескерновое бурение — шарошечное бурение сплошным забоем с промывкой или продувкой воздухом или ударно-канатное — применяется в основном на стадиях детальной и эксплуатационной разведки, когда геологическое строение месторождения уже выяснено в достаточной степени, чтобы не изучать керн каждой новой разведочной скважины. В таких случаях бурение сплошным забоем ведется по всему разрезу или по вмещающим породам, а рудоносные участки проходят с применением колонковых труб.

К документированию бескерновых скважин допускаются достаточно опытные специалисты, хорошо знающие геологический разрез и знакомые с условиями и режимами бурения. Бескерновый интервал документируется по шламу и цвету буровой мути, если скважина проходится с промывкой, или по цвету пыли, выносимой воздушным потоком, при проходке скважин с продувкой. При описании шлама указываются его минеральный состав, размеры и формы частиц различных минералов, цвет и другие особенности. Для уточнения полевых наблюдений шлам или пыль исследуют под биноклем или микроскопом. Из шлама и пыли отбираются пробы на спектральный, химический и другие анализы, которые используются при составлении и уточнении разрезов по скважине и для решения частных вопросов. В последнее время в документации скважин бескернового бурения все большую роль играют геофизические методы.

**Геофизические исследования в скважинах** с целью их документации называются каротажем и заключаются в изучении физических свойств горных пород. На основе этих данных проводится уточнение вскрываемого бурением геологического разреза и выявление залежей полезных ископаемых.

Геофизические исследования при разведке выделены в специальный учебный курс. Поэтому здесь кратко освещаются только некоторые методы каротажа, важные при документации скважин, и условия их применения.

Каротажные измерения позволяют судить о физических свойствах горных пород в естественных условиях залегания. Благодаря этому

появляется возможность заменить колонковое бурение по монотонным или хорошо изученным геологическим разрезам бурением бескерновым, менее дорогим и более производительным.

В течение долгого времени основными методами изучения разреза скважин были термические измерения и электрический каротаж. В настоящее время все более широкое распространение получают ядерно-физические методы как для дифференциации разреза, так и для обнаружения полезного ископаемого и в ряде случаев для определения содержания полезного компонента. Большое значение приобретает акустический каротаж, особенно при бурении глубоких скважин на нефть и газ, где изучение электропроводности пород затруднено в связи с влиянием высоких температур, сильной минерализацией растворов, наличием высоких концентраций углеводородов. При бурении разведочных скважин на рудных месторождениях большое значение имеет магнитный каротаж. Разработана аппаратура для гравитационного каротажа, позволяющая по изменениям силы тяжести судить о плотности и пористости пород. В последнее время все шире применяются методы фотокаротажа и телекаротажа скважин.

Электрический каротаж — наиболее развитый вид геофизических исследований в скважинах. При электрическом каротаже измеряется кажущееся удельное сопротивление пород (КС) или естественная разность потенциалов, возникающая в скважине, — потенциал самопроизвольной поляризации (ПС). Практически все измерения в скважинах ведутся с применением постоянного тока.

Для измерения кажущегося удельного сопротивления и потенциала поляризации в скважину опускают зонд, состоящий из трех электродов — одного питающего (*A*) и двух измерительных (*M* и *N*) или двух питающих (*A* и *B*) и одного измерительного, а один питающий (*B*) или измерительный (*N*) заземляют на поверхности близ устья скважины так, что его можно считать бесконечно удаленным от других электродов. Наблюдения по всему разрезу ведутся непрерывно, а результаты их фиксируются самописцем. Характер записи кривых приведен на рис. 77.

Основным документом, отражающим результаты электрокаротажа, является каротажная диаграмма, на которой в принятом масштабе после анализа и исправлений вычерчиваются кривые кажущихся удельных сопротивлений (КС) и самопроизвольной поляризации (ИС), строго привязанные по глубине скважины.

Кривые КС в общем случае лучше фиксируют отдельные литологические разности пород, кривые ПС — контакты геологические.

Из специальных методов электрокаротажа можно отметить боковой каротаж, позволяющий более детально расчленять геологический разрез, и метод скользящих контактов, применяемый на рудных и угольных разрезах для выделения пластов с высоким сопротивлением.

Метод вызванной поляризации (ВП) предназначен в основном для обнаружения электропроводящих объектов и поэтому он применяется главным образом при поисках и разведке рудных тел, преимущественно сульфидных руд.

Изучение разрезов скважин с помощью индукционного и диэлектрического каротажа имеет особое значение для исследования нефтяных скважин, бурящихся на растворе, не проводящем электрический ток (например, на нефти) или для сухих рудных скважин.

Магнитный каротаж основан на определении магнитной восприимчивости горных пород. По аналогии с электрокаротажом при магнитном каротаже получается кривая кажущейся магнитной восприимчивости.

Задача интерпретации кривых кажущейся магнитной восприимчивости состоит в переходе к истинной ее величине и определении истинных мощностей соответствующих слоев (рис. 78).

Магнитный каротаж является вспомогательным методом при расчленении разрезов. Самостоятельное значение он имеет при поисках и разведке железных руд, где с его помощью производится корреляция и взаимная увязка разрезов скважин с выделением продуктивных горизонтов.

Методы ядерного каротажа разделяются на методы измерения естественного и вызванного ядерного излучения. Естественная радиоактивность определяется с помощью гаммакаротажа (ГК) путем обычных измерений  $\gamma$ -излучения, а при определенных благоприятных условиях и  $\gamma + \beta$ -излучения. В методах вызванного радиоактивного поля измеряют интенсивность  $\gamma$ -излучения, возникающего в породах в результате воздействия на них радиоактивного облучения. К этой группе относятся методы нейтронного гамма-каротажа (НГК), нейтрон-нейтронного каротажа (ННК), а также методы изотопов и наведенной активности (НА). ГК и НГК входят в комплекс стандартного каротажа нефтяных и газовых скважин. Основным преимуществом

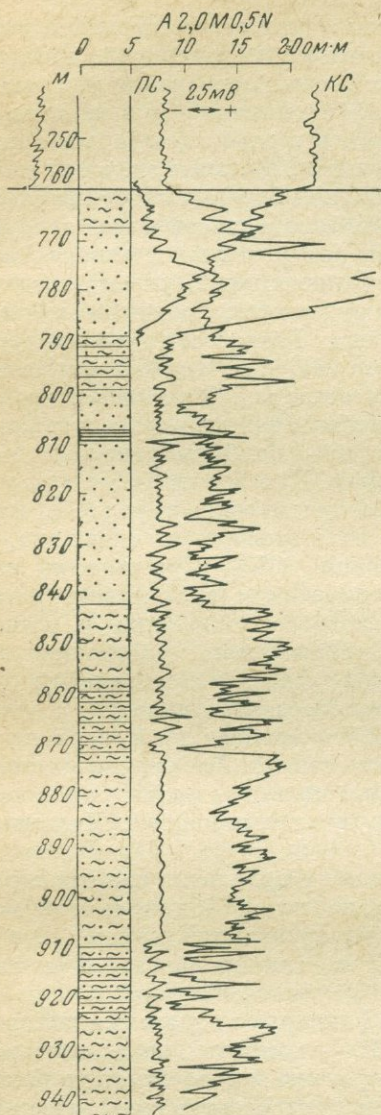


Рис. 77. Кривые электрокаротажа по скважине (фрагмент)

и наведенной активности (НА). ГК и НГК входят в комплекс стандартного каротажа нефтяных и газовых скважин. Основным преимуществом

ществом радиоактивного каротажа является возможность производства измерений сквозь обсадные трубы, являющиеся непреодолимым препятствием для других видов каротажа.

Гамма-каротаж состоит в измерении интенсивности естественного  $\gamma$ -излучения горных пород и применяется с целью геофизической документации геологического разреза в скважине по степени различной радиоактивности горных пород. Пример кривой гамма-каротажа приведен на рис. 75.

Нейтронный гамма-каротаж состоит в измерении интенсивности вторичного гамма-излучения, вызванного воздействием нейтронов на горные породы, и производится с целью изучения водородсодержащих пластов, их пористости, а также наблюдения за техническим состоянием скважин. Нейтронный каротаж позволяет более дифференцированно производить литолого-стратиграфическое расчленение разреза, выяснять некоторые физические свойства горных пород, выявлять залежи ряда полезных ископаемых.

Разновидностью НГК является боковой нейтронный гамма-каротаж (БНГК), который применяется для определения пористости пород при изучении пластов, служащих коллекторами нефти и газа.

Нейтрон-нейтронный каротаж состоит в измерении интенсивности потока тепловых и надтепловых нейтронов, прошедших через горные породы, и применяется с теми же целями, что и НГК, но дает возможность более точного определения водорода в горных породах.

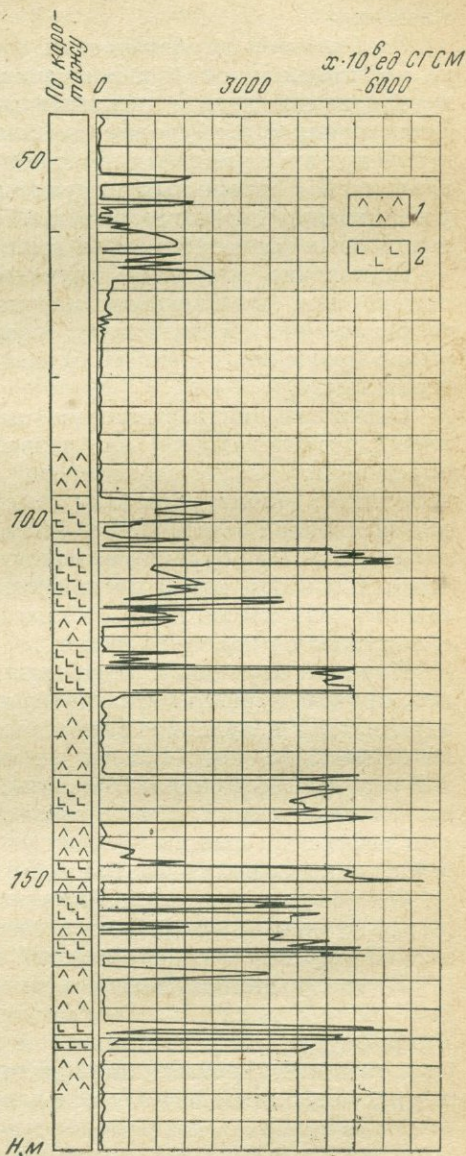


Рис. 78. Диаграмма магнитного каротажа  
1 — диабазовые порфириды эффузивные;  
2 — диабазовые порфириды интрузивные

Из других видов ядерного каротажа возможно использовать для документации буровых скважин метод радиоактивных изотопов, который применяется для определения пористых и трещиноватых пород, а также для наблюдений за затрубной и подземной циркуляцией вод.

**Особенности геологических наблюдений при бурении скважин на нефтяных и газовых месторождениях.** На нефтяных и газовых месторождениях единственными поисковыми и разведочными работками являются буровые скважины. Основными объектами наблюдений при этом являются признаки нефти, газа и пластовой воды, обвалы стенок скважины и нарушение циркуляции бурового раствора, установление стратиграфической приуроченности продуктивных и водоносных горизонтов и их взаимных соотношений.

Достаточно надежное изучение разреза скважины возможно только при комплексном использовании данных геологических, геофизических и специальных исследований и наблюдений, непрерывно проводимых членами буровой бригады в процессе проходки скважины.

Скважины подразделяются на опорные; поисковые на новых площадях; поисковые на разрабатываемых площадях с целью определения нефтегазоносности горизонтов, залегающих ниже известных; оконтуривающие выявленные залежи и оценочные — для выявления остаточной нефтегазонасыщенности разрабатываемых горизонтов. При бурении названных скважин различного назначения сплошной отбор керн производится всегда по продуктивным горизонтам; целиком же керн отбирается только по опорным поисковым скважинам на новых площадях.

Порядок первичной обработки керн аналогичен описанному при колонковом бурении. Отличительной особенностью является предварительное визуальное определение признаков нефти и газа. Керн из нефтегазоносного пласта на свежем изломе не смачивается каплей разбавленной соляной кислоты. Тяжелая нефть дает внешние признаки в виде темных пятен в свежем изломе. Образцы же керн с легкой нефтью на свежем изломе распространяют сильный запах бензина, но не имеют видимых следов нефти.

Основными геофизическими методами исследований, важными для документации нефтяных и газовых скважин, являются электрический каротаж и радиоактивный каротаж.

К числу дополнительных методов изучения разреза нефтяной скважины относятся: гранулометрический анализ пород, изучение микрофауны, спорово-пыльцевой анализ, кавернометрический анализ, газовый каротаж, люминесцентно-битуминологический анализ и др., позволяющие получить данные по отдельным частям разреза, облегчающие их сопоставление друг с другом.

Геохимические методы исследования скважин предназначены для выявления нефтегазоносных пластов, вскрытых скважиной, и для определения ореолов рассеяния азота, гелия и других газов. Различают два вида скважинных измерений — газо-

вый и люминесцентно-битуминологический каротаж. Эти методы позволяют выяснить содержание газообразных, жидких и твердых углеводородов в буровом растворе, шлеме и керне и являются прямыми методами определения углеводородов нефти и газа.

Температурные измерения в скважинах, проводимые обычно одновременно с электрическим каротажем, дают информацию о тепловой энергии земных недр, о породах и структурах, определяющих и влияющих на распределение этой энергии.

Для измерения температур в скважинах чаще всего применяются электрические термометры, реже ртутные максимальные термометры и ртутные термометры с фотографической регистрацией показаний. Современные электрические термометры на трехжильном кабеле, имеющие постоянную времени  $\lambda$  в пределах 0,5—1,0 сек, позволяют измерять температуру в скважинах со скоростью подъема до 2500 м/ч. Регистрация температуры ведется на приборах, используемых для записи кривых электрического каротажа.

Разрезы по скважине вычерчиваются на качественной бумаге в масштабах 1 : 500—1 : 1000. Составляются они на основе комплексных данных геологических, геофизических и специальных методов исследования с вынесением результатов лабораторных исследований и необходимых технических данных (конструкция скважины, глубина обсадных колонн и т. п.).

#### 4. СВОДНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Для получения представления о геологическом строении месторождения, о формах тел полезного ископаемого и распределении его сортов для подсчетов запасов и для уточнения горнотехнических условий отработки месторождения или выяснения гидрогеологических его особенностей составляется сводная геологическая документация. Основными видами сводной геологической документации являются: геологические карты, разрезы, погоризонтные планы, проекции и блок-диаграммы.

Масштабы сводной геологической документации колеблются в широких пределах. Геологическая карта месторождения в зависимости от размеров объекта обычно составляется в масштабах 1 : 1000, 1 : 2000, реже — для угольных и крупных рудных месторождений 1 : 5000. Разрезы, погоризонтные планы, проекции, как правило, представляются в том же масштабе, что и геологическая карта, хотя иногда выбирается и более крупный масштаб.

В процессе составления сводной геологической документации увязываются разрозненные данные, полученные в результате геологических наблюдений в отдельных выработках и приводившиеся разными лицами. Сопоставление отдельных зарисовок и колонок-разрезов и сведение их в единый чертеж возможно лишь при строгом соблюдении следующих условий:

1. Все естественные обнажения, горные выработки и скважины должны быть привязаны к единой системе координат и вынесены на топо-маркшейдерские планы.

2. По результатам инструментальных замеров должны быть вычислены и вынесены на разрезы и планы азимутальные и зенитные отклонения скважин.

3. Все первичные геологические документы должны иметь: единую легенду; одинаковый или кратный масштаб; четкую рисовку основных контактов горных пород, контуров рудных тел и разрывных нарушений; нумерацию по определенной системе.

**Составление вертикальных геологических разрезов.** Разрезы наряду с геологической картой являются основным графическим материалом, характеризующим строение месторождения. Расположение вертикальных разрезов определяется принятой системой разведки и совпадают с разведочными линиями. Как правило, они составляют вк্রেг простирания основных структур и тел полезных ископаемых, характеризующихся значительной изменчивостью форм и качества по падению и простиранию. В отдельных случаях применяются продольные разрезы, которые хорошо иллюстрируют, например, положение рудных тел, локализованных в замковых частях ундулирующих складчатых структур.

Основой составления разрезов являются топо-маркшейдерские планы, на которых кроме географических ситуаций, определяющих вертикальные превышения на местности (ось  $Z$ ), обязательно имеется сетка координат (оси  $X$ ,  $Y$ ). Для составления разреза по разведочной линии строят профиль, используя горизонталы на плане поверхности. Выносят на плоскость разреза координатную сетку по  $X - Z$  или  $Y - Z$  в заданном масштабе, строят шкалу глубины и отмечают уровни горизонтов. Такие заготовки в одинаковом масштабе с обязательной разбивкой глубины на одинаковых уровнях составляются по всем разведочным линиям.

Затем на линию профиля выносят устья горных выработок и скважин и определяют положение их относительно плоскости разреза. Сечения, совпадающие с плоскостью разреза, отмечаются сплошными линиями; сечения, не совпадающие с таковой отмечаются пунктиром. Тщательно определяется положение буровых скважин глубиной 150—200 м. На том же чертеже помещается план разведочной линии, где показываются азимутальные отклонения скважин.

Следующим этапом построения разреза является вынесение геологической ситуации с первичных геологических документов. Из журналов документации шурфов, канав, штолен, с колонок-разрезов по скважинам на осевые линии горных выработок и скважин разреза выносят все геологические наблюдения: контакты пород, линии тектонических нарушений, границы тел полезных ископаемых, границы измененных пород, зоны милонитизации. Если разведочные выработки находятся вне плоскости разреза, то геологические границы, зафиксированные в выработках, должны быть перенесены на разрез

по правилам начертательной геометрии. Затем производится работа по увязке наблюдений между соседними выработками. Для этого выявляются основные маркирующие элементы разреза, которыми прежде всего являются контакты горных пород, последовательность их чередования, тектонические нарушения, которые прослеживаются в виде четких прямолинейных зон; измененные породы определенного состава и другие геологические признаки. При вычерчивании сводного разреза приходится пренебрегать некоторыми частными наблюдениями, выявляя основные закономерности геологического строения месторождения и распределения полезного ископаемого. Сначала проводятся основные геологические линии — контакты пород и тектонические нарушения; затем увязываются прочие геологические элементы. Наиболее тщательно выносятся и отрисовываются залежи полезного ископаемого, их границы, внутреннее строение, взаимоотношения с вмещающими породами и тектоническими нарушениями. Проведение геологических границ, контактов и разрывных нарушений производится по методу интерполяции, т. е. исходя из предположения, что ситуация от одного частного сечения до другого либо не изменяется, либо имеет определенную очевидную тенденцию к изменению, которую мы видим и можем учесть. Так составляется черновой вариант разреза, который коррелируется с соседними разрезами, с погоризонтными планами и с картой поверхности.

В процессе составления сводной документации приходится неоднократно возвращаться к проверке данных первичной документации. В некоторых случаях требуются проведение дополнительных наблюдений и передокументация отдельных разведочных выработок, а иногда многих горных выработок и керн буровых скважин.

Неоднозначная увязка данных первичной геологической документации возникает из неверных представлений о геологическом строении месторождения или его части и обычно является следствием недостаточной изученности объекта. На рис. 79 приведен пример разреза рудных тел на разных стадиях разведки одного из полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Неправильные оконтуривание и рисовка рудных тел могут иметь место при ошибках, связанных с техникой отбора и обработки проб, с неправильным определением размеров и элементов залегания тел полезных ископаемых.

Необходимо помнить, что при изображении элементов геологической структуры (границы слоев, рудных тел и тектонические нарушения) линии должны проводиться плавно, что правильнее отражает природу геологических тел.

**Составление погоризонтных планов.** Подготовительные работы заключаются в вынесении всех горных выработок и скважин подземного бурения, расположенных на данном горизонте. Обычно эта работа осуществляется маркшейдерской службой. Привязка следов пересечений скважин, бурящихся с поверхности, с плоскостью горизонта, по которому предполагается построить геологический план, производится по координатной сетке, которая проектируется с поверхности на плоскость горизонта. На эту сетку наносятся

горизонтальные проекции осей буровых скважин, построенные с учетом азимутальных и зенитных отклонений.

Затем с журналов первичной геологической документации на осевые линии горных выработок и скважин выносятся все геологические наблюдения. При вынесении геологических данных по горным выработкам необходимо учитывать применяемые системы развертки и тип выработки. В случае прямой развертки проекция кровли на

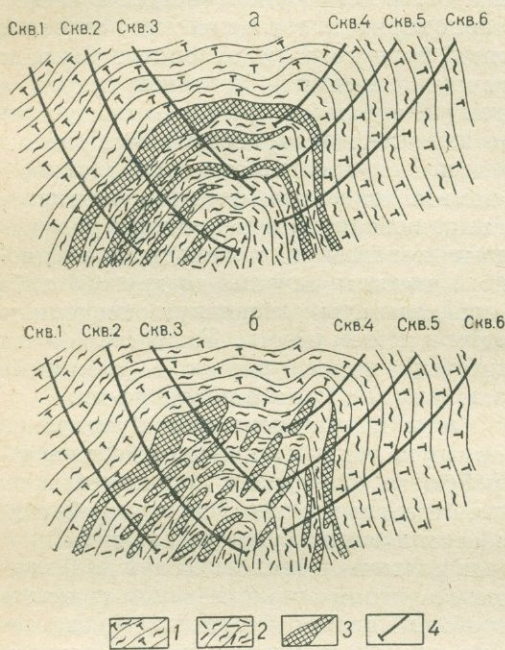


Рис. 79. Геологические разрезы полиметаллического месторождения по данным разведки (а) и отработки (б)

1 — туфогенно-осадочные породы; 2 — серицитовые, кварц-серицитовые сланцы и микрокварциты; 3 — рудные тела; 4 — разведочные скважины

геологических наблюдений производится по нижней границе стенки, т. е. границе ее с почвой выработки, а простираение тектонических нарушений и геологических контактов определяется по элементам залегания.

По штрекам, когда зарисовывался только забой выработки, на погоризонтном плане точно определяются места этих забоев и по нижней границе или по средней линии каждого забоя выносятся контакты рудных тел и тектонические нарушения. Затем увязываются геологические наблюдения по соседним сечениям и по всей выработке.

По скважинам геологические данные выносятся с колонок-разрезов с учетом измеренных отклонений скважин.

на почву выработки получается с помощью вспомогательного чертежа — копирования зеркального отражения на кальку на светостоле. При применении зеркальной и комбинированной разверток производится прямое копирование зарисовки кровли. Вынесение геологических данных по кровле горизонтальных выработок должно производиться с учетом наблюдений и зарисовок по стенкам выработки. Особенно это касается пологих разрывных нарушений и геологических контактов, имеющих небольшие углы падения. На погоризонтном плане обязательно указываются элементы их залегания. Во избежание перегрузки плана однотипные замеры не следует часто повторять.

Если при первичной документации применялась развертка и зарисовывалась какая-либо одна стенка выработки, вынесение геоло-

После перенесения из журналов первичной геологической документации всех данных по горным выработкам и скважинам на погоризонтный план проектируются соответствующие контуры и текто-

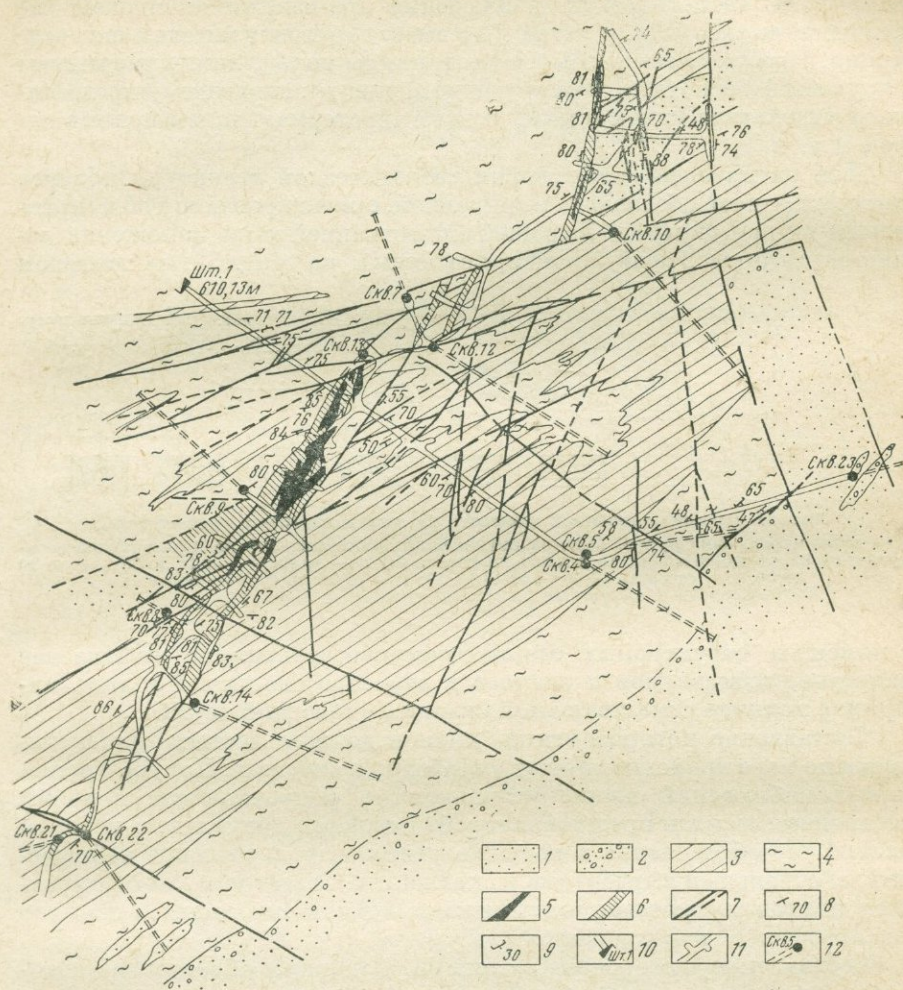


Рис. 80. Геологический план горизонта штольни 1 месторождения Лянганай

1 — песчаники; 2 — мелкогалечные конгломераты; 3 — алевролиты и песчаники; 4 — глинистые сланцы; 5 — рудное тело; 6 — зона доломитизации; 7 — разрывные нарушения, установленные и предполагаемые; 8 — элементы залегания пород; 9 — элементы залегания разрывных нарушений; 10 — устье штольни; 11 — контуры горных выработок; 12 — устья подземных скважин и их номера

нические линии, прослеженные на поверхности или на более высоких горизонтах. Геологические границы, тектонические нарушения и контуры тел полезных ископаемых по своим элементам залегания проектируются на нижний горизонт как возможное их продолжение.

Например, на рис. 80 граница глинистых и грубообломочных отложений и крупные секущие разрывные нарушения определены по их положению и элементам залегания, замеренным на поверхности.

Увязка геологических наблюдений производится сначала по соседним выработкам, а затем и по всему горизонту методом интерполяции. Прежде всего увязываются границы пород, линии разрывных нарушений и основные маркирующие элементы: горизонты определенного литологического состава, зоны гидротермальноизмененных пород и т. д.

Для наглядного изображения геологической структуры объекта породы принято обозначать штриховкой, ориентированной по направлению их простирания. Хорошей иллюстрацией этого положения является погоризонтный план, приведенный на рис. 57, на котором

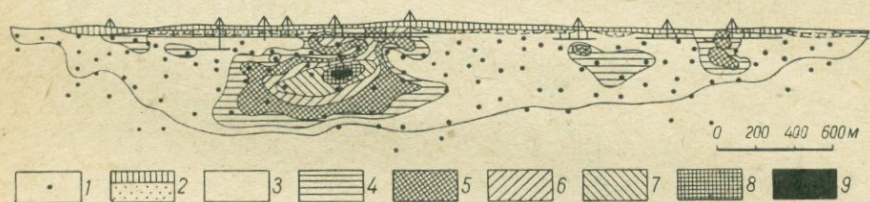


Рис. 81. Проекция изолиний мощности на осевую плоскость рудного тела

1 — точки пересечения рудной зоны разведочными скважинами; 2 — железная шпана и сыпучка; горизонтальная мощность медного колчедана (м): 3 — до 10; 4 — от 10 до 20; 5 — от 20 до 30; 6 — от 30 до 40; 7 — от 40 до 50; 8 — от 50 до 60; 9 — более 60

с помощью структурных линий отчетливо отображено несогласное залегание известняков и сланцев и строение сланцевой толщи, например наличие синклинальной складки в северной части.

Составление погоризонтных планов должно вестись систематически по мере проходки горных выработок и скважин. При получении новых наблюдений планы уточняются и исправляются. Готовый геологический план представляет собой сводный документ, в котором достаточно обоснованно и надежно увязаны геологические наблюдения по отдельным выработкам и скважинам. Составление погоризонтных планов и взаимная их увязка получили название «подземное геологическое картирование».

**Составление разведочных проекций.** Основным объектом исследования при разведочных работах являются тела полезных ископаемых. Для иллюстрации их строения и качества полезного ископаемого в разведке широко применяются проекции этих тел на вертикальные, наклонные или горизонтальные плоскости.

При составлении проекции прежде всего определяется пространственное положение плоскости проекции, которое зависит от того, какой признак необходимо выделить, чтобы подчеркнуть ту или иную особенность тела полезного ископаемого, и от положения горных выработок и скважин, пересекающих данное тело. Наиболее общие рекомендации сводятся к следующему: тела полезных ископаемых,

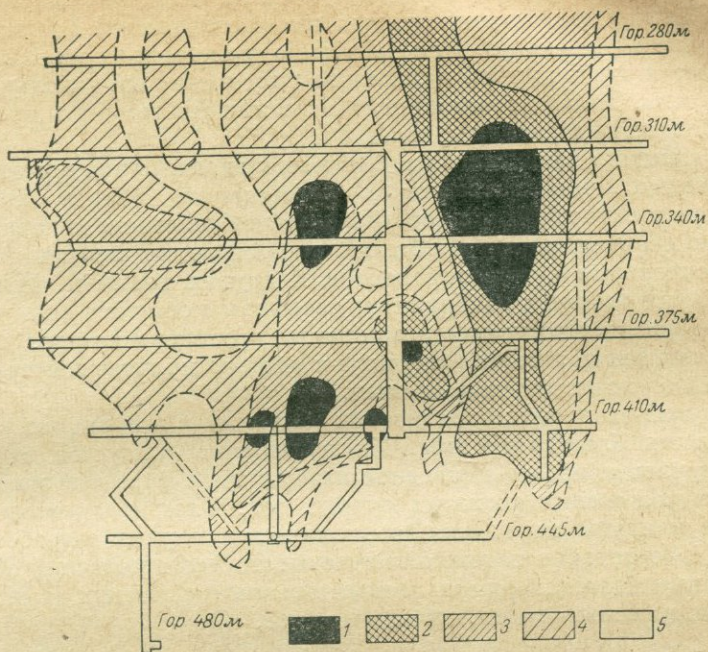


Рис. 82. Проекция изолиний содержания металла на осевую плоскость рудного тела  
 Содержание металла (кг/м<sup>2</sup>): 1 — от 20 до 8; 2 — от 8 до 4; 3 — от 4 до 2; 4 — от 2 до 1; 5 — от 1 до 0

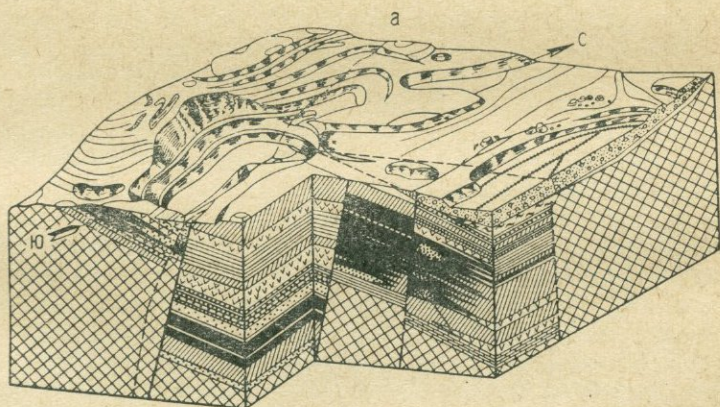


Рис. 83. Изометрическая блок-диаграмма с боковым вырезом

залегающие полого, обычно проектируются на горизонтальную плоскость. Для крутопадающих рудных тел составляются проекции на вертикальную плоскость. Для наклонно залегающих тел нередко применяются проекции на наклонные плоскости, параллельные залеганию тела. Такая проекция дает возможность получить представление об истинных размерах тела.

На проекциях чаще всего изображается внешний контур залежей и отмечаются места разведочных пересечений, вблизи которых выписываются значения мощностей и качества полезного ископаемого. В случае необходимости прибегают к построению изолиний мощностей, содержаний, метропроцентов и других величин. Примеры проекций, на которых изображены изолинии мощности тела и изолинии содержания полезного компонента, приведены на рис. 81 и 82. Проекциями тел полезных ископаемых широко пользуются при подсчете запасов полезных ископаемых.

Из других сводных геологических материалов в практике иногда используются блок-диаграммы. Их построение диктуется стремлением получить наиболее наглядное изображение формы и пространственного положения сложных рудных тел. Блок-диаграммы строятся при наличии значительного количества горных выработок и скважин и достаточно надежной изученности месторождения обычно на основании тщательно составленных и взаимосвязанных вертикальных разрезов и погоризонтных планов (рис. 83).

## ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Опробование месторождений полезных ископаемых или минеральных проявлений есть составная часть процесса поисков и разведок всех видов полезных ископаемых. Опробованием называются работы, проводимые с целью определения качества полезного ископаемого. Опробование выступает как основной метод разведки всякого месторождения и сопровождает отработку его до конца.

Виды опробования по своему назначению могут быть различны в зависимости от стадии геологоразведочного процесса или от задач, решаемых при отработке месторождения. В период геологической съемки и поисков отбираются пробы от минеральных скоплений главным образом с целью выяснения их минерального и химического состава. Результаты опробования наряду с данными геохимических, геофизических, стратиграфических, структурно-геологических и других исследований принимаются во внимание при оценке перспектив минеральных ресурсов в исследуемом регионе. В этот период число отбираемых проб невелико, невелики их размеры и вес. Нередко при поисках достаточно ограничиться взятием нескольких кусков — «штуфов» обнаруженных руд или несколькими порциями воды из источников и т. п. Здесь не рассматривается массовое опробование, составляющее содержание некоторых поисковых методов, описанных в I главе (шлиховое, геохимическое и др.), когда пробы берутся не только от минеральных скоплений, образующих месторождение или рудопроявление, но всюду на площади поисково-съемочных работ и по большей части далеко за пределами минеральных скоплений. В настоящей главе рассматриваются только пробы полезного ископаемого, отбираемые с целью определения его качества.

При разведке месторождения берутся пробы для решения различных задач, связанных с выяснением качества полезного ископаемого, и, кроме того, бывают необходимы пробы для определения некоторых физических свойств полезного ископаемого и вмещающих горных пород, специальные гидрогеологические пробы и др. Все они существенно отличны друг от друга по своим размерам, весу, способам обработки и испытаний. Среди разведочных проб важнейшими являются следующие.

Пробы для химического анализа полезного ископаемого, при помощи которых выясняются

содержания полезных компонентов, дают возможность подсчитать их запасы на месторождении. Химический анализ проб позволяет разделять запасы полезных ископаемых на сорта в зависимости от содержания полезных компонентов и вредных примесей.

Пробы для определения физико-механических свойств определяют пригодность некоторых видов минерального сырья для использования в промышленности и для разделения его на сорта (асбест, слюда, оптические минералы, драгоценные камни и др.).

Пробы для технологических испытаний полезного ископаемого, обычно большого веса, отбираются для выяснения свойств минерального сырья, важных при решении вопросов переработки или прямого использования этого сырья. Важнейшие технологические свойства металлических руд заключаются в их обогатимости или возможности непосредственной металлургической переработки. Свойства нерудных ископаемых, таких, как слюда или асбест, в отношении технологии их переработки выражаются способностью давать кристаллические волокна и пластины того или иного сорта. Технологические свойства углей выражаются рядом показателей — теплотворной способностью, зольностью, содержанием летучих и т. п.

Пробы для минералогических исследований, отбираемые преимущественно на россыпных месторождениях, имеют своей целью получение шлихов для определения содержания драгоценных и редких металлов или минералов. Кроме шлиховых проб минералогическому анализу подвергаются и другие пробы, в частности отобранные для технологических испытаний.

Круг задач, решаемых путем опробования в период отработки месторождения, шире, чем при его разведке. В процессе отработки месторождения производится систематическое опробование в эксплуатационных блоках с целью уточнения качества полезного ископаемого, подготовленного к отработке, и с целью контроля за полной выемки ископаемого из недр. В период отработки производится также подсчет запасов полезного ископаемого по эксплуатационным участкам и их частям, поэтому необходимыми являются пробы для химического или минералогического (шлихового) анализа, определяющих содержание полезных компонентов в рудах или песках. Эти же пробы обычно служат и контролем за полной выемки полезного ископаемого. Технологические свойства полезного ископаемого изучаются на отдельных малых участках при отработке месторождения, для чего отбираются пробы на технологические испытания. Кроме того, при отработке месторождения берутся пробы, предназначенные для других целей, а именно:

пробы для учета потерь и разубоживания добываемого полезного ископаемого, кроме тех, которые отбираются в целике для подсчета запасов в эксплуатационном блоке (участке), берутся еще и из добытого минерального сырья, а в некоторых случаях и из вмещающих горных пород; все они служат задаче составления возможно более

точного баланса подсчитанных запасов и запасов, погашенных по каждому эксплуатационному блоку (участку);

пробы для определения содержаний ценных компонентов в отвалах, на основании которых решаются вопросы улучшения отработки и переработки полезного ископаемого, а в случае значительного накопления ценных компонентов в отвалах — об их использовании в промышленности;

пробы для определения качества и сорта минерального сырья, отправляемого горным предприятием потребителю.

Все перечисленные виды проб по их назначению берутся разнообразными способами при помощи несложных инструментов, приспособлений и реже специальными механическими пробоотборниками.

Процесс опробования твердых полезных ископаемых в общем случае разделяется на три основных звена: 1) отбор пробы от естественного или искусственного обнажения или из массы добытого полезного ископаемого; 2) обработка материала пробы с целью его подготовки для испытаний; 3) испытание пробы (анализ, измерения, комплексные исследования).

Испытания проб полезных ископаемых многообразны и зависят от требований, предъявляемых промышленностью или другими потребителями к минеральному сырью. Они выходят за пределы функций геолога и рассматриваются в специальных курсах — аналитической химии, прикладной физики, технологии производства продуктов и изделий из минерального сырья и др. Лишь исследования минералогические и петрографические в некоторых случаях выполняются собственно геологом-разведчиком или под непосредственным его руководством. Поэтому здесь даются только весьма краткие сведения о характере испытаний проб по важнейшим видам полезных ископаемых, но методики анализов и других испытаний не приводятся.

Кроме способов взятия проб и приемов их обработки даются краткие сведения о некоторых новых способах изучения качества полезного ископаемого на месте его залегания, без отбора материала пробы. К ним относятся геофизические методы (магнитометрия, радиометрия, люминесценция) и некоторые статистические приемы с использованием минералогических аналогий или корреляционных связей компонентов полезного ископаемого.

## 1. ОТБОР ПРОБ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Все применяемые способы взятия проб делятся на три группы: точечные, линейные и объемные. К первым принадлежат штучной, точечный и вычерпывания. Вторая группа представлена борздовым и шпуровым способами в горных выработках, и в нее входят все способы опробования керна и шлама скважин, буримых сплошным забоем. К третьей группе относятся задиrkовый и валовой способы.

Указанные способы различны по своей трудоемкости и представительности получаемых проб. Легче выполнимы способы первой группы и наиболее трудоемки способы третьей. Среди них наиболее представительны единичные пробы третьей группы — валовые или задиrkовые, наименее представительны единичные штuffные пробы, так как представительность пробы при прочих равных условиях зависит от ее величины. В каждом конкретном случае разведки целесообразен тот способ, который позволяет получить достаточно надежные сведения о качестве полезного ископаемого при наименьших трудовых и денежных затратах.

**Способы отбора проб в горных выработках и по естественным обнажениям** отличаются большим разнообразием вследствие различия природных свойств объектов опробования, изменчивости качества полезного ископаемого, а также ввиду различной ориентировки горных разведочных выработок или плоскостей естественных обнажений в отношении элементов залегания тел полезных ископаемых. На выбор способа опробования влияет и технология проходки горной выработки, благоприятствующая или затрудняющая отбор проб. Ниже описаны типичные способы отбора проб в горных выработках и по естественным обнажениям, применяемые при разведке месторождений полезных ископаемых.

**Штuffной способ** состоит в отбойке отдельных кусков («штuffов») полезного ископаемого из целика или в отборе кусков массы минерального сырья, отбитого при проведении выработки. Штuffы выбираются с таким расчетом, чтобы каждый из них характеризовал разновидность полезного ископаемого. В зависимости от условий опробования и вида полезного ископаемого масса отдельного штuffа бывает от 0,2 до 2 кг.

Штuffные пробы используются главным образом для изучения минерального состава, структур и текстур руд и для определения физических свойств минерального сырья (объемного веса, пористости, технических свойств минералов и т. п.). Реже штuffные пробы подвергаются химическому анализу, хотя при равномерном распределении полезных компонентов в руде или в случае довольно однородного нерудного ископаемого (углей, некоторых строительных материалов) по штuffным пробам можно определить качество таких ископаемых для подсчета запасов.

При поисках и поисково-разведочных работах возможен отбор штuffов для химического и минералогических исследований с целью весьма ориентировочного представления об элементарном составе полезного ископаемого. Однако подсчитывать запасы по данным единичных штuffных проб, даже по категории  $C_2$ , было бы неправильным.

**Точечный способ** заключается в том, что на некоторой плоскости обнажения тела полезного ископаемого на его естественном выходе или в подземной горной выработке (по забою или по стенке) размечается частая сетка, квадратная или ромбическая, и в узлах этой сетки или в середине ее ячеек отбиваются кусочки полезного ископаемого приблизительно одинаковой величины. Сумма этих кусоч-

ков (частичных проб) составляет одну начальную пробу, характеризующую все опробованное сечение тела полезного ископаемого (рис. 84).

Представительность точечной пробы зависит от числа отбитых кусочков и их размеров. Чем неравномернее распределение полезных компонентов в руде, тем больше требуется частичных проб и масса их должна быть большой. Разными исследователями рекомендуется отбирать: для руд равномерных от 10 до 16 кусочков массой от 30 до 200 г; для неравномерных по содержанию полезных ископаемых — 20—30 кусочков от 50 до 500 г; при весьма неравномерном распределении полезных компонентов отбирается от 40 до 50 кусочков (иногда до 100) при массе частичных проб от 500 г до 1 кг. Таким образом, общая масса начальной пробы может составлять от единиц килограммов до 50 кг и более.

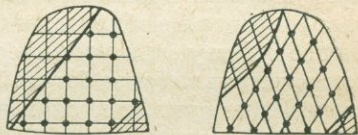


Рис. 84. Схема отбора проб точечным способом

Точечный способ целесообразно применять для опробования мощных тел полезного ископаемого. Благоприятными текстурами руд для применения этого способа являются массивные и вкрапленные, тонкополосчатые и пятнистые с незакономерным распределением минеральных агрегатов. Он выгоден при крепком и очень крепком полезном ископаемом ввиду сравнительной легкости отбивания отдельных кусочков и предпочтителен для руд более равномерных по качеству.

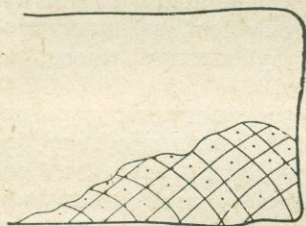


Рис. 85. Схема отбора горстевой пробы из навала отбитой руды

Горстевой способ (или способ вычерпывания) является универсальным для опробования рыхлых масс минерального сырья — отбитой руды, песков из россыпей, отвалов и других подобных минеральных скоплений. По своей идее он подобен точечному способу, описанному выше, и представляет собой разновидность первого для рыхлых масс.

Горстевой способ заключается в отборе частичных проб из навала минерального сырья по сетке, из которых составляется начальная проба. Для удобства отбора частичных проб по навалу раскидывается веревочная сетка и в зависимости от требуемого числа частичных проб (горстей) последние вычерпываются из ячеек сетки: из каждой ячейки, или через одну, две ячейки и т. д. (рис. 85).

Количество частичных проб и вес их должен быть примерно такими же, какие рекомендованы для точечного способа. Однако, учитывая крайнюю легкость взятия проб из рыхлой массы, их веса могут быть ближе к верхнему пределу — для равномерных руд 100—200 г, для неравномерных 400—500 г, для весьма неравномерных около 1 кг.

Отбор проб следует производить каким-либо мерным сосудом — совком, черпаком, обрезком трубы — так, чтобы отдельные порции материала были равновелики. При отборе частичных проб необходимо обращать внимание на соотношение между крупным материалом и мелочью, поступающими в пробу, и стараться, чтобы это соотношение соответствовало тому, которое имеет место в опробуемом навале. В противном случае преобладание крупных частиц или мелочи в пробах может привести к систематической ошибке опробования, так как благодаря избирательному выкрашиванию полезных минералов или сопутствующих им минеральных агрегатов мелочь может оказаться значительно более богатой или менее богатой полезными компонентами. При крупных кусках в опробуемом навале в частичную пробу отбиваются от них малые кусочки, которые вместе с мелочью включаются в частичные пробы.

Главное преимущество горстегового способа опробования состоит в его высокой производительности. Кроме того, он удобен при проходке горных выработок, так как не требует выделения времени в проходческом цикле и не задерживает операций бурения после отпалки и проветривания в забое.

Горстеговое опробование при разведке успешно применимо на месторождениях, обладающих крупными телами полезного ископаемого с мощностями, превосходящими габариты разведочных выработок. Если же тела маломощны, то отбитая минеральная масса загрязняется вмещающими породами и результаты опробования горстевым методом дают представление об этой разубоженной массе, но не о качестве полезного ископаемого в целике.

Бороздовый способ наиболее распространен в разведочной практике. Он заключается в отборе материала пробы из борозды, располагаемой поперек тела полезного ископаемого, по соответствующему естественному или искусственному поперечному обнажению тела. Линия борозды ориентируется в направлении наибольшей изменчивости качества полезного ископаемого или близком к этому направлению, что делает пробу наиболее представительной. Обычно борозда находится на линии измеряемой мощности тела полезного ископаемого и, следовательно, измерения длины проб и мощностей тела осуществляются в едином акте, что упрощает дальнейшие расчеты при определении средних содержаний полезных компонентов и запасов полезного ископаемого.

Расположение пробных борозд в подземных горных выработках, как правило, целесообразно вертикальное или горизонтальное, соответствующее вертикальным или горизонтальным разведочным сечениям объекта разведки. При крутом падении тела полезного ископаемого пробы следует располагать горизонтально, а при пологом — вертикально. Ввиду этого обычным является следующее расположение пробных борозд в подземных горных выработках:

по забою штрека (штольни) в зависимости от элементов залегания тела полезного ископаемого проба отбирается горизонтальной или вертикальной бороздой (рис. 86), при этом для удобства работы бо-

розду следует располагать на высоте 1,2—1,4 м от почвы выработки; если тело отличается крайней неравномерностью мощности и содержания полезного компонента, бывает целесообразно отобрать две или три параллельные борозды, объединив их затем в одну забойную пробу;

по стенкам секущих горизонтальных выработок (квершлагов, ортов, поперечных штолен) борозды отбираются непрерывной цепочкой от лежачего до висячего бока обнаженной залежи (рис. 87), эти пробы вместе с забойными образуют в ряде случаев непрерывные разведочные пересечения;

по стенкам штреков (штолен), в которых обнажаются пологие тела полезного ископаемого, возможно отбирать пробы вертикальные, если по каким-либо причинам не опробовались забои в процессе продвижения горной выработки или когда необходимо выполнить повторное опробование в пройденной выработке;

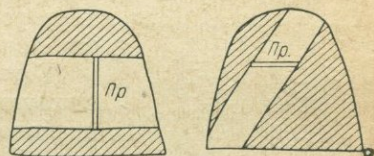


Рис. 86. Расположение пробной борозды по забою штрека в зависимости от залегания тела полезного ископаемого

по кровле горизонтальной разведочной выработки, пройденной по простирацию крутопадающего тела, возможно брать горизонтальные бороздовые пробы, если не были опробованы забои при проходке выработки или при необходимости повторного опробования в ней; взятие проб в кровле и почве затруднительно ввиду кривизны кровли, которую приходится выравнивать перед взятием пробы, и также ввиду засоренности почвы, которую приходится расчищать, вымывать и выдувать прежде, чем приступить к отбору пробной борозды;



Рис. 87. Расположение секций пробной борозды по стенке орта, пересекающего мощное рудное тело

по стенкам вертикальных разведочных выработок, пересекающих тела полезных ископаемых (шурфы, дудки, шахты), обычно берутся вертикальные борозды по одной или двум противоположным сторонам выработки (рис. 88), объединяемые затем в одну начальную пробу; если же вертикальная выработка пересекает крутопадающее тело полезного ископаемого, что не часто имеет место в разведочной практике, то пробы в этом случае должны браться горизонтальными бороздами соответственно горизонтальному расположению борозд в других разведочных выработках, сопряженных с вертикальной;

по стенкам разведочных выработок (восстающих, гезенков, уклонов), проходимых, как правило, по падению или восстанию крутопадающих залежей, бороздовые пробы отбираются горизонтально поперек залежи по стенкам выработки (рис. 89) и только в случае пологого падения тела по стенкам уклонки располагаются вертикальные

борозды, отвечающие ориентировке разведочных пересечений пологой залежи в других ее частях.

Опробование канав бороздовым способом чаще проводится по их дну, где пробные борозды ориентируются поперек вскрываемой залежи полезного ископаемого (рис. 90). Реже, когда канава углубляется значительно и выходы рудных тел обнажаются по стенкам канавы, опробование проводится по этим стенкам. Перед опробованием дно канавы необходимо тщательно вычистить, для чего после выемки

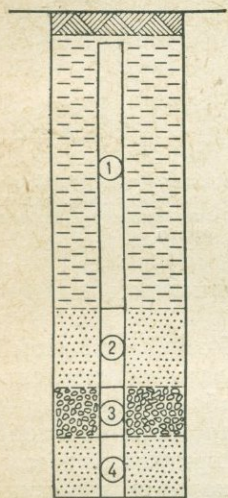


Рис. 88. Расположение бороздовых проб по стенке шурфа при разведке россыпи

его подмести и, если возможно, смыть водой. Естественные обнажения на выходах тела полезного ископаемого опробуются бороздовым способом подобно тому, как это делается по дну или стенке канавы. Если тело полезного ископаемого на выходе не очень крепкое, а тем более, если оно разрушено в результате выветривания, то целесообразно произвести некоторую углубку, расчистив поверхностную часть тела до глубины 0,5 м, и затем в этой расчистке отбирать бороздовые пробы. Если тело полезного ископаемого имеет полосчатое строение, обусловленное чередованием различных по составу слоев или обособленным положением разных типов руд в висячем и лежащем боках залежи и т. п., то бороздовая проба расчленивается на секции, из которых приготавливаются отдельные пробы (рис. 91). Секционное бороздовое опробование возможно во всех описанных выше случаях расположения пробных борозд в горных выработках и естественных обнажениях. Кроме того, оно производится при пересечении горной выработки мощной залежи, неоднородной по содержанию полезных компонентов в разных ее частях (см. рис. 87). В таких случаях устанавливается некоторая средняя длина секций, исходя из особенностей распределения полезных компонентов в пределах залежи с таким расчетом, чтобы обогащенные участки или блоки пустых пород внутри залежи могли быть выявлены при опробовании. Секционное опробование применяется также при нечетких контактах залежи с вмещающими породами, когда, например, вкрапленные руды постепенно переходят в пустые породы. Здесь короткими секциями определяется граница между промышленной рудой и минерализованной непромышленной боковой породой.

Секционное опробование имеет целью выявление различных

посторонней мелочи со дна канавы необходимо

его подмести и, если возможно, смыть водой. Естественные обнажения на выходах тела полезного ископаемого опробуются бороздовым способом подобно тому, как это делается по дну или стенке канавы. Если тело полезного ископаемого на выходе не очень крепкое, а тем более, если оно разрушено в результате выветривания, то целесообразно произвести некоторую углубку, расчистив поверхностную часть тела до глубины 0,5 м, и затем в этой расчистке отбирать бороздовые пробы.

Если тело полезного ископаемого имеет полосчатое строение, обусловленное чередованием различных по составу слоев или обособленным положением разных типов руд в висячем и лежащем боках залежи и т. п., то бороздовая проба расчленивается на секции, из которых приготавливаются отдельные пробы (рис. 91). Секционное бороздовое опробование возможно во всех описанных выше случаях расположения пробных борозд в горных выработках и естественных обнажениях. Кроме того, оно производится при пересечении горной выработки мощной залежи, неоднородной по содержанию полезных компонентов в разных ее частях (см. рис. 87). В таких случаях устанавливается некоторая средняя длина секций, исходя из особенностей распределения полезных компонентов в пределах залежи с таким расчетом, чтобы обогащенные участки или блоки пустых пород внутри залежи могли быть выявлены при опробовании. Секционное опробование применяется также при нечетких контактах залежи с вмещающими породами, когда, например, вкрапленные руды постепенно переходят в пустые породы. Здесь короткими секциями определяется граница между промышленной рудой и минерализованной непромышленной боковой породой.



Рис. 89. Расположение борозд по стенке восстанавливаемого, пройденного по крутопадающей рудной жиле

сорта полезного ископаемого, если таковые установлены по геологическим признакам и результатам первичного опробования.

Длина борозды определяется мощностью опробуемого тела полезного ископаемого или его части, подлежащей опробованию

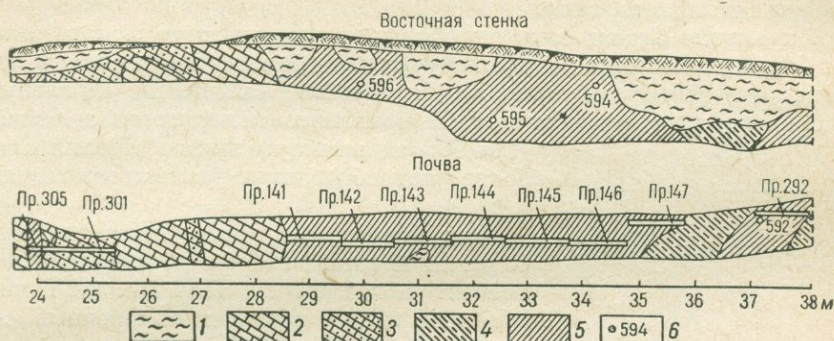


Рис. 90. Зарисовка разведочной канавы на Курганском полиметаллическом месторождении

1 — делювий; 2 — известняк; 3 — оруденный известняк; 4 — сланцы; 5 — окисленная руда; 6 — место взятия образца и его номер

отдельной секцией. В практике длины бороздовых проб составляют от 0,2 до 2 м, реже до 3—5 м. Наиболее длинные борозды применяют при опробовании весьма мощных и однородных залежей.

Распространены прямоугольные сечения пробной борозды. Иногда применяются треугольные в поперечном сечении борозды. На некоторых месторождениях отбойка материала проводится без соблюдения правильного сечения борозды. Эта так называемая пунктирная борозда образуется из серии кусочков руды, отбиваемых по прямой линии с перерывами. Наиболее надежны в отношении определения

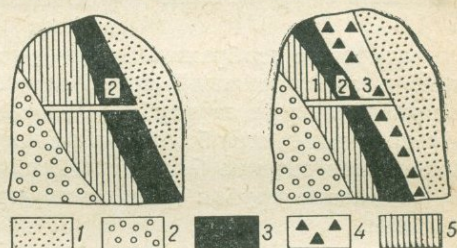


Рис. 91. Секционное опробование залежи никель-кобальтовых руд (1, 2, 3 — номера секций)

1 — песчаники; 2 — полиминеральные скарны; 3 — сплошные сульфидные руды; 4 — брекчированные руды; 5 — карбонатная порода с прожилками и включениями сульфидов

содержаний полезных компонентов на опробуемом объекте борозды с прямоугольным сечением возможно большей глубины. Менее представительными могут оказаться пробы треугольного сечения. Пунктирные пробы при полосчатых текстурах полезного ископаемого могут привести к значительным систематическим ошибкам. Опыты на месторождениях с относительно равномерными по содержанию рудами в ряде случаев показали близкую сходимость результатов опробования при помощи борозд разного поперечного сечения. В то же время производительность труда на отборе борозд прямоугольного

сечения наиболее низкая, она несколько выше при опробовании треугольной бороздой и наиболее высокая при отборе пробы без соблюдения правильного сечения. Поэтому там, где это возможно, следует применять при ручной отбойке менее трудоемкие пробные борозды последнего типа.

В практике бороздового опробования размеры поперечного сечения борозд выбираются в зависимости от степени изменчивости качества полезного ископаемого, крупности скоплений полезных минералов, крепости полезного ископаемого и мощности залежей.

Для борозд прямоугольного сечения наиболее употребительные размеры приведены в табл. 18.

Эти сечения рекомендуются при опробовании крепких и средней крепости полезных ископаемых. При опробовании объектов малой крепости поперечные сечения борозд могут быть увеличены до  $5 \times 10$  см при равномерном распределении полезных минералов и до  $10 \times 20$  см при весьма неравномерном. Если при секционном опробовании отдельные секции оказываются слишком короткими (10—15 см), сечение борозды по ним следует увеличить.

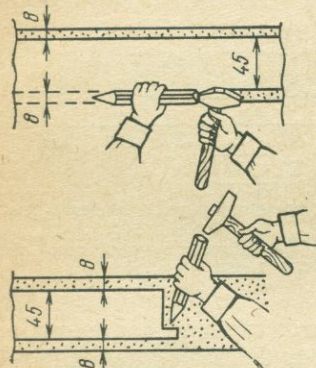


Рис. 92. Стадии и приемы ручной отбойки бороздовой пробы

Отбойка борозды прямоугольного сечения складывается из трех операций, схематически изображенных на рис. 92. В начале делается верхний, а затем нижний вруб, ограничивающие борозду по ширине и определяющие ее глубину. После врубов отбойка средней части борозды становится более легкой и лучше выдерживается правильное поперечное сечение борозды. При опробовании объектов малой крепости вместо врубов достаточно прочертить острым инструментом надрезы.

Для ручной отбойки борозды необходим молоток массой около 2 кг и зубила, изготавливаемые из буровой стали длиной 20—25 см (5—10 штук в комплекте). Для отбора проб по крепким породам зубила армируются пластинками победита.

Таблица 18

#### Поперечные сечения борозд

Распределение компонентов	Размеры поперечных сечений борозд (см) при мощности залежи (м):		
	более 2,5	от 2,5 до 0,5	менее 0,5
Весьма равномерное и равномерное	2 × 5	2 × 6	2 × 10
Неравномерное	2,5 × 8	2,5 × 9	2,5 × 10
Весьма неравномерное	3 × 8	3 × 10	3 × 12

Перед взятием пробы должна быть проведена зачистка забоя или стенки, выравнивание значительных выступов в месте намечаемой борозды; в некоторых случаях следует обмыть водой или обдуть сжатым воздухом поверхность, на которой намечается взятие пробы. Для сбора материала пробы обычно применяют брезент размером  $2 \times 3$  или  $2 \times 4$  м, который расстилают на почве выработки или подвешивают у места отбойки пробы.

При механической отбойке бороздовых проб возможно значительное повышение производительности труда. При ударном способе механического пробоотбора применяются П-образные коронки ВИТРа, присоединяемые к отбойному молотку типа ОМСП-5. Для отбора бороздовых проб в весьма крепких рудах разработан врубовый резчик и щелевой пробоотборник ЦНИГРИ. Этот резчик может применяться в комплексе как с ручным скальванием средней части борозды зубилами, так и с механическим ударным инструментом.

Шпуровой способ состоит в том, что в процессе бурения шпуров в подземной горной выработке отбирается измельченный материал из шпуров, который и образует пробу для последующих анализов. Достоинства этого способа заключаются в том, что проба отбирается обычно попутно с бурением шпуров для проходки выработки и не требуется специальных значительных затрат на ее отбор, и, кроме того, материал пробы настолько измельчен, что дальнейшая ее обработка при подготовке к анализам существенно облегчается. Однако этот способ применим только для отбора проб на химический анализ и поэтому может быть использован не на всяком месторождении. В забоях штреков и штолен, идущих по простиранию тела полезного ископаемого, шпуровое опробование возможно лишь при значительных мощностях рудных тел, а также при относительно однородном распределении полезных компонентов в рудном теле; при полосчатом строении залежи может быть большая ошибка в определении качества полезного ископаемого в зависимости от того, на какие прослойки попадут шпуровые. Поэтому при шпуровом опробовании в забоях штреков (штолен) следует располагать проходческие шпуровые по возможности под углом к полосчатости или слоистости залежи полезного ископаемого (рис. 93).

Наиболее эффективно применение шпурового опробования при пересечении залежей полезного ископаемого ортами, квершлагами и другими подобными выработками, когда шпуровые ориентируются по линии максимальной изменчивости в распределении содержаний полезных компонентов.

Кроме шпуров, буримых для проходки выработки, для опробования могут использоваться специальные шпуровые, как, например,

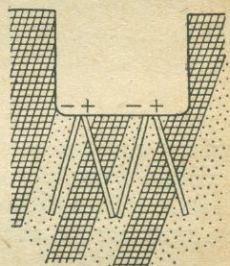


Рис. 93. Расположение отбойных шпуров и порядок отбора шлама в пробу. Отбор шлама производится из шпуров, отмеченных крестом (+)

при оконтурировании рудного тела, выходящего за пределы разведочной выработки (рис. 94).

Шпуровая проба обычно составляется из серии шпуров, характеризующих интервал уходки горной выработки или некоторый участок на стенке выработки. Поэтому измельченный материал серии шпуров собирается в один сосуд. При бурении с промывкой сбор материала производится в отстойник, куда он поступает из шпура по шлангу

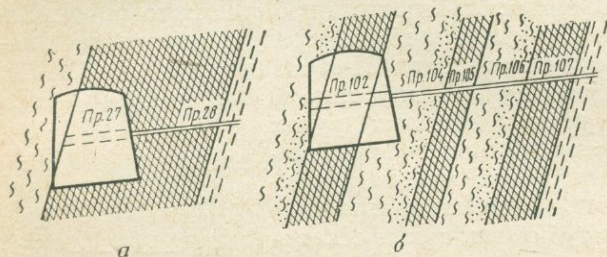


Рис. 94. Схемы отбора проб из шпуров:

а — при опробовании залежи большой мощности; б — при опробовании параллельных тел полезных ископаемых

вместе с промывочной жидкостью. Для сбора шлама около устья шпура производится забурка отвода, в который вставляется патрубок со шлангом. Из отстойников шлам поступает в песчаную баню для просушки и затем на подготовку к лабораторному анализу. При бурении с продувкой шпуров сбор пыли производится пылеулавливателем (рис. 95).

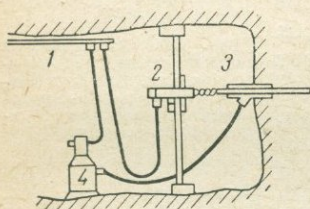


Рис. 95. Установка для пневматического сбора буровой пыли из шпуров

1 — трубопровод со сжатым воздухом; 2 — перфоратор на распорной колонне; 3 — шламоприемная трубка; 4 — пылеулавливатель

Наиболее удобными являются пылеулавливатели НИГМИ и СПН-5 НИГРИЗолото. При отсутствии пылеулавливателя возможен сбор бурового шлама из шпуров специальной ложкой, а также в мешочек, прикрепляемый к устью шпура или на широкий брезент, подстилаемый у шпура. Но эти примитивные способы сбора позволяют отбирать лишь 40—50% измельченного в шпуре материала.

Глубина шпуров при обычном перфораторном бурении составляет 2—5 м. В некоторых случаях применяются мощные колонковые перфораторы со свинчивающимися буровыми штангами, которыми удается бурить шпуры-скважины до 50 м длиной. Такие глубокие шпуры обычно бурятся с промывкой, для чего приходится устанавливать специальные насосы.

Бурение шпуров вкрест простирания залежи с целью ее оконтурирования по данным опробования производится секционно. Длина секций зависит прежде всего от мощности опробуемой залежи: чем мощнее залежь, тем большей может быть секция, но обычно она находится в пределах 1—2 м. Секции большего размера даже при весьма мощных залежах могут значительно исказить положение промышленной границы оконтуриваемой залежи. Если граница рудного тела с вмещающими породами не может быть определена при бурении

шпура по цвету плама или стуку бура, то длины секций в зоне ожидаемого контакта этого тела уменьшаются до 0,5 м. Шпуровое опробование неприменимо для оконтуривания тел малой мощности — рудных жил, параллельных прослоев полезного ископаемого и т. п. В этих случаях возможны сильные искажения в определении их контактов по данным шпурового опробования, особенно если велика изменчивость мощности и неустойчивы элементы залегания маломощных тел.

Задирковый способ представляет собой отбойку (задирку) ровного слоя полезного ископаемого по всей обнаженной части тела в горной выработке или в естественном обнажении. Обычно задиrkовая проба берется со всего забоя выработки или со стенки, где выработка пересекла залежь; в кровле или почве выработки задиrkовым способом пробы берутся в исключительных случаях. Только в канавах опробуется по необходимости тело полезного ископаемого, обнажаемое в дне.

В горных выработках, пройденных по простиранию тела полезного ископаемого, — штреках, штольнях, траншеях — иногда может возникнуть необходимость задиrkового опробования вдоль тела, обнаженного в кровле или почве выработки на всем ее протяжении. В таких случаях, особенно при большой длине пласта или жилы, задиrkовые пробы целесообразно отбирать через некоторые промежутки. Размеры задирок и промежутков между ними будут зависеть от особенностей строения объекта и задач опробования.

Основным условием задиrkового опробования является соблюдение при отбойке материала пробы одинаковой глубины задирки на всей ее площади. Если это условие не соблюдается, то результаты такого опробования могут не отражать действительного качества полезного ископаемого в целике: если в пробу будут попадать в большем количестве рудные минералы вследствие своей хрупкости, то результаты определения содержания полезного компонента будут завышены; если же проба окажется засорена жильными минералами, то анализы покажут более низкое содержание металлов, чем в действительности. Чтобы достичь правильной отбойки материала в задиrkовую пробу, необходимо предварительно подготовить поверхность обнажения, на которой намечено взять пробу: она должна быть тщательно выровнена и очищена от посторонних частиц. Для выравнивания поверхности могут применяться горнопроходческие инструменты, геологический и пробный молотки. Поверхность перед взятием пробы может очищаться жесткими щетками, вениками, продуваться сжатым воздухом и обмываться водой.

В крепких полезных ископаемых глубина задиrkового слоя составляет в среднем 5—10 см, по более мягким — задирка углубляется до 15—20 см. В зависимости от величины опробуемой площади объем тела полезного ископаемого, отбираемый в пробу, бывает большим или меньшим, но всегда довольно значителен и превосходит в несколько раз объемы бороздовых или точечных проб. Соответственно и масса задиrkовых проб составляет обычно десятки и сотни

килограммов. Ввиду этого как отбойка, так и упаковка и транспортировка материала задириковой пробы довольно трудоемки.

Применение задирикового способа целесообразно лишь в тех случаях, когда более простые и менее трудоемкие способы не обеспечивают надежного определения качества. Это обычно разведки жильных месторождений с весьма неравномерным распределением полезных компонентов в жилах. Опыт показал, что при мощностях жил менее 15—20 см задирика более эффективна, чем бороздвое опробование, так как в этих случаях она не столь резко отличается от объемов бороздовых проб вообще, но дает более достоверные результаты, чем малая проба из борозды по маломощной жиле. Иногда применение задирикового способа оправдывается спецификой полезного ископаемого: так, пески с крупными золотыми самородками целесообразно опробовать задирикой; жилы амфибол-асбеста, когда требуется сортировка материала пробы, нередко опробуются задириковым способом. Этот способ в ряде случаев применяется как контрольный для выяснения относительной погрешности различных способов пробоотбора.

Валовой способ опробования заключается в сплошном отборе минеральной массы, получаемой на некотором участке тела полезного ископаемого при проходке горной выработки. Эта минеральная масса, предпочтительно не засоренная пустыми вмещающими породами, добывается из разведочных горных выработок при их проходке по полезному ископаемому или из горно-подготовительных выработок на эксплуатационных участках. Она предназначается для различных испытаний с целью определения качества полезного ископаемого, а также его физических свойств, определяющих горнотехнические условия добычи. В некоторых случаях валовые пробы берутся для испытаний вмещающих горных пород.

В пробу может отбираться вся минеральная масса от уходки (нескольких уходов подряд) или только некоторые части отбитой массы. Это зависит от того, какое количество материала требуется для испытаний, что определяется видом полезного ископаемого и характером предстоящих испытаний. Так, если валовая проба служит только для определения среднего содержания полезного компонента, то для этого требуется относительно немного материала и можно взять в пробу лишь часть отбитой массы; если же проба пойдет на технологические испытания в производственном масштабе, то должна быть взята вся масса отбитого полезного ископаемого. Но и для определения содержаний полезных минералов на некоторых месторождениях в пробу поступают полные порции минеральной массы с каждой уходки разведочной выработки: слюдяных, оптических минералов, драгоценных камней, платины. Когда же достаточно только часть материала взять в пробу, то из навала отбитого минерального сырья при его погрузке откидывается в емкость для пробы третья, пятая или десятая лопата; или при выдаче минеральной массы из шурфа берется в пробу бадья через одну или две и т. п.

Валовая проба является наиболее представительной по сравнению

с другими пробами, так как дает высокую точность определения свойств полезного ископаемого, характерных для того участка, где взята проба. Однако при взятии пробы в выработке, идущей по простиранию слоистого тела полезного ископаемого с резко различными свойствами слоев, может возникать значительная ошибка опробования, достигающая 20% и обусловленная непропорциональным попаданием в пробу материала разных слоев. Когда горные выработки обнажают не только залежь полезного ископаемого, но и вмещающие породы, валовые пробы оказываются разубоженными, и тогда содержания полезных компонентов в пробе, а также другие свойства такой горной массы не будут соответствовать содержаниям полезных компонентов в залежи и другим свойствам чистого полезного ископаемого в целике. Иногда из отбитой разубоженной массы можно выделить чистое полезное ископаемое в пробу путем рудоразборки, которая обычно выполняется с грохочением, что облегчает отделение пустой породы от руды.

Валовые пробы для технологических испытаний отбираются по различным сортам полезного ископаемого. Если в процессе разведки месторождения выявляются различные типы руд, требующие применения различных схем обогащения или металлургической переработки и соответственно раздельно подсчитываемых запасов, то пробы на технологические испытания должны быть взяты по каждому типу в отдельности. Так, в зоне окисления полиметаллических месторождений богатые свинцовые руды, богатые цинковые руды, смешанные окисленно-сульфидные руды должны быть представлены разными пробами. Сплошные богатые руды и вкрапленные руды одного и того же металла — железа, хрома, меди и др. — всегда опробуются для технологических испытаний раздельно.

Состав минеральной массы, поступающей в переработку, зависит от принятой системы разработки месторождения. Поэтому отбор валовых проб на технологические испытания должен производиться по возможности в условиях, близких к добыче полезного ископаемого. Например, для отбора валовой пробы по маломощной жиле целесообразно пройти вначале разведочную выработку не полным сечением, а узкую, соответствующую ширине очистного пространства для таких жил, взять материал на испытания и затем расширить выработку в этом месте до принятого размера, если в этом есть необходимость. При взятии проб из разведочной выработки следует учитывать также возможность рудоразборки в процессе эксплуатации.

Вес проб для технологических испытаний зависит от характера этих испытаний. Лабораторные исследования проб рудных и нерудных ископаемых проводятся на материале массой 100—250 кг, иногда до 1000 кг. При испытаниях в ползаводском масштабе, выполняемых обычно в стадию детальной разведки месторождения, обрабатываются пробы массой 10—15 т. Производственные же испытания в период отработки месторождения в зависимости от производительности перерабатывающего предприятия требуют валовые пробы массой в десятки и сотни тонн.

При разведке россыпей опробование производится главным образом из вертикальных горных выработок — шурфов и дудок. Оно осуществляется путем выемки горизонтальных слоев толщиной 0,2—0,3 м в процессе углубки шурфа. Пески из каждого такого слоя складываются на площадке у шурфа в отдельную кучку («выкид»). В пробу поступает материал каждого отдельного выкида или его часть. В последнем случае из разных точек выкида набирается материал в мерный сосуд — ендовку, который затем и направляется на пробную промывку. В последнее время в связи с расширением механизированной добычи золота при помощи драг и гидравлических установок интервал опробования в разведочных шурфах на золото увеличился до 0,5 м.

Валовые пробы используются для определения физических свойств полезного ископаемого и вмещающих горных пород. Объемный вес пород или полезного ископаемого, особенно неравномерно пористых, кавернозных и трещиноватых, наиболее точно может быть определен при помощи большого количества материала валовой пробы. Гранулометрический состав россыпи или отбитого рудного материала, знать который необходимо для успешного решения вопроса отработки и переработки полезного ископаемого, можно определять с уверенностью лишь по значительному количеству материала в валовой пробе. Обычно физические свойства полезного ископаемого выясняют на материале одной и той же пробы, которая затем может пойти на технологические испытания. Рекомендуется после отпалки измерить объем выработки, в пределах которого отбита минеральная масса, предназначенная для валовой пробы; затем отбитая масса разравнивается слоем 20—30 см и из нее способом вычерпывания берется 60—80 кг материала для определения влажности. Этот материал помещается в герметические сосуды и направляется в лабораторию. Весь остальной материал также взвешивается. Сумма весов отбитой руды, отнесенная к замеренному объему выработки, дает наиболее правильное представление об объемном весе полезного ископаемого на данном участке. Одновременно при взвешивании отбитой массы подсчитывается число мерных ящичков (или вагонеток) и определяется суммарный объем этой массы; последний, отнесенный к объему полезного ископаемого в целике, есть коэффициент разрыхления полезного ископаемого. Материал валовой пробы, выданный на поверхность, обычно подвергается грохочению для разделения на фракции по крупности. Для некоторых полезных ископаемых — россыпных, фосфоритов, гравия и др. — определение гранулометрического состава минерального сырья особенно важно.

**Способы отбора проб в буровых скважинах** существенно отличаются от способов опробования в горных выработках. Эти отличия обусловлены прежде всего тем, что человек не может войти в скважину с целью осмотра ее стенок для наиболее рационального расположения пробы. По буровым скважинам возможен почти исключительно отбор линейных проб, подобных по своим техническим данным пробам бороздовым. Количество материала, поступающего в пробу,

обычно ограничено, и лишь в некоторых случаях при бурении скважин большого диаметра или при применении специальных способов расширения ствола скважины можно достичь значительного веса пробы. Ниже описаны способы отбора проб по различным видам буровых скважин.

Отбор проб при ударно-вращательном бурении неглубоких скважин, осуществляемом комплектом ручного бура или медленно-вращательными шнековыми и другими станками механического бурения, производится ложкой, змеевиком и желонкой. Эти же инструменты вместе с обсадными трубами при бурении рыхлых отложений служат буровыми наконечниками для проходки скважины. Таким образом, опробование и углубка скважин при медленном ударно-вращательном бурении выполняются одновременно.

*Буровой ложкой* пробы берутся при проходке рыхлых отложений — песков, суглинков, иногда диатомита и трепела. Каждая забурка на глубину 10—30 см в зависимости от податливости породы идет в пробу, составляемую на поверхности из нескольких забурок таким расчетом, чтобы длина пробной секции по скважине соответствовала установленной для данного месторождения величине. Обычно длина пробной секции от 0,5 до 2 м. После подъема снаряда обсадная труба доводится до забоя скважины, затем осыпавшийся при этом рыхлый материал, скопившийся у забоя скважины, вычищается той же ложкой и снова производится следующая забурка для отбора пробы. Бурение скважин в рыхлых отложениях и их опробование могут производиться стаканом-грунтоносом И. В. Хаустова, который подобно ложке углубляется на 15—20 см, наполняясь при этом материалом из скважины, но углубка стакана осуществляется не вращением снаряда, а короткими ударами. Вслед за стаканом опускается колонна тонкостенных обсадных труб.

*Змеевиком (шнеком)* отбираются пробы мягких и пластичных пород — глин, каолинов, иногда силикатно-никелевых руд и др. Буровой наконечник ручного комплекта (змеевик) или специального станка с механическим приводом (шнек) при бурении скважины принимает на свои лопасти выбуриваемую породу, которая и извлекается из скважины. Забурка змеевика составляет 30—40 см, а шнека — на всю его длину (около 1,5 м). Однако при секционном опробовании малыми секциями величины забурок ограничиваются установленной величиной секции, которая в практике составляет от 0,5 до 2 м. Материал пробы на лопастях змеевика или шнека при подъеме загрязняется о стенки скважины посторонними частицами. Поэтому на поверхности пробу необходимо очистить путем соскабливания тонкого слоя прилипшей грязи обычно другого цвета. При неполном захвате выбуренной породы змеевиком или шнеком, что нередко случается при бурении большим диаметром, приходится периодически применять для отбора полной пробы какой-либо грунтонос.

*Желонкой* отбираются пробы при бурении в сильно обводненных рыхлых отложениях. При этом обсадные трубы должны погружаться

с опережением желонки на 10—15 см. Тогда плавучий материал вычерпывается с водой из скважины, обсаженной трубой, порциями, соответствующими интервалам опробования. Разжиженный материал, поднятый желонкой, сливается в мерный ящик или трубу, где отстаивается. При опробовании россыпей желонкой отбираются секционные пробы, различные для пласта песков и для торфов. В стадию предварительной разведки принимается минимальная длина секции — 0,2 м по пласту золотоносной россыпи и 0,5—1 м по пласту касситеритовых, ильменитовых, монацитовых и других россыпей; при этом довольно точно устанавливаются нижняя и верхняя границы промышенной части россыпи. В стадию детальной разведки, когда общий контур россыпи очерчен, длины секций увеличиваются: по золотым и платиновым россыпям до 0,5 м, а по касситеритовым, вольфрамитовым и другим подобным — до 1—2 м. Установлены значительные погрешности, возникающие при опробовании россыпей, особенно обводненных и валунистых, где скважины бурятся с применением долот для раздробления встречных валунов. Обсадка скважины и долочение вызывают сотрясение рыхлого материала, вследствие чего тяжелые частицы, в том числе золото и другие полезные минералы, перемещаются вниз, искажая картину их распределения в россыпи. Желонка не может поднять все тяжелые частицы с плотика россыпи, ввиду чего занижается содержание полезного компонента в пробе. В сильно обводненных россыпях пески из затрубного пространства могут перемещаться в скважину (пльвуны), что приводит к увеличению материала проб и искажениям содержаний полезных компонентов. Опробование желонкой поэтому должно производиться исключительно аккуратно и с соблюдением предосторожности при отборе пробы.

Отбор проб при ударно-канатном и роторном бурении из скважин различной глубины (от нескольких метров до нескольких километров) производится путем вычерпывания измельченного материала с забоя скважины или выносом его под давлением в процессе бурения. Ввиду значительных диаметров (до 600 мм) скважин ударно-канатного и роторного бурения масса сухой пробы с 1 пог. м колеблется от 40 до 200 кг.

При ударно-канатном бурении получается тонкоизмельченный материал в виде грязи или пыли. Чем полнее будет извлечен этот измельченный материал из скважины и чем лучше он предохраняется от засорения посторонними частицами — вывалами из вышележащих горных пород, тем правильнее будет отражать проба действительное качество полезного ископаемого в пробуренном интервале скважины. Поэтому разведочные скважины крепятся с целью изоляции тела полезного ископаемого от вышележащих отложений. Для наиболее полной очистки забоя скважины перед взятием пробы в скважину заливается вода и проводится повторное опускание желонки до тех пор, пока вода в поднимаемой желонке не будет достаточно чистой. Если требуется тщательное разделение проб по интервалам при секционном опробовании скважины, то такую очистку следует делать

перед взятием каждой следующей пробы. Ввиду возможного добавления материала из стенок скважины в пробу или, наоборот, потерь шлама в трещинках по стенкам скважины из желонки при транспортировке объем поднятого материала в сухом виде должен сопоставляться периодически с теоретическим объемом скважины в интервале опробования. Эти данные заносятся в журнал опробования и по ним определяется степень надежности каждой пробы. Длина интервала, приходящегося на одну пробу, обычно 1—1,5 м. Увеличение длины таких секций до 2—5 м возможно при относительно однородном строении залежей полезных ископаемых большой мощности. Тела мощностью менее 1 м ударно-канатным бурением не могут разведываться и соответственно пробы меньшей длины в таких скважинах могут отбираться лишь в редких случаях.

Большой вес начальных проб при сильном измельчении материала долотом определяет целесообразность сокращения таких проб непосредственно у скважины с тем, чтобы направлять в лабораторию минимально достаточное количество материала на анализ. В отечественной практике для сбора и сокращения материала пробы применяются шламоприемные ящики, из которых отбирается сокращенная проба ручным пробоотборником (рис. 96). Поперечное сечение ящика 80 × 60 см, высота 50 см. Дно ящика должно быть изготовлено из толстых досок, способных выдерживать удары тяжелой желонки при опорожнении ее. Пробоотборник представляет собой металлическую трубу диаметром 4—10 см и длиной на 10—15 см больше глубины шламоприемного ящика. По окончании вычерпывания шлама из скважины в ящик содержимое его быстро перемешивают палкой и сразу же погружают в него пробоотборник в вертикальном положении.

Когда пробоотборник достигает дна ящика, клапан закрывают поворотом рукоятки стержня, пробоотборник быстро вынимают, а содержимое его выпускают в сосуд. Практика показала, что для отбора пробы, отвечающей среднему составу шлама в ящике, достаточно пяти-восьми погружений пробоотборника в разных пунктах ящика. Затем материал, составляющий пробу, высушивают на листах и упаковывают в плотный мешок для отправки в лабораторию.

При роторном бурении с промывкой шлам вместе с промывочными водами по выходу из скважины направляется в отстойники, где он накапливается по отдельным интервалам проходки скважины. Такого рода пробы применимы только при разведке весьма мощных

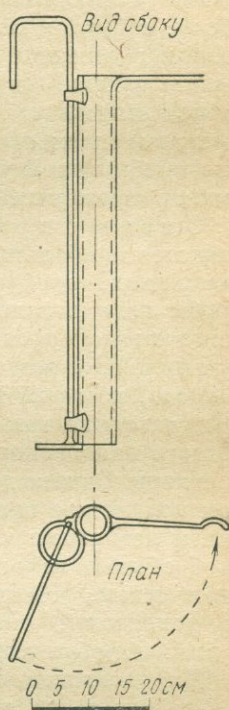


Рис. 96. Ручной пробоотборник системы Тихомирова и Коломейченко

залежей полезного ископаемого с высоким содержанием полезных компонентов (железные руды, бокситы и т. п.), так как выносимый из скважины шлак неизбежно смешивается и может характеризовать качество полезного ископаемого только на значительных интервалах в усредненном выражении. Опыты по очистке забоя роторных скважин сжатым воздухом показали возможность сбора выдуваемого шлака специальными шламоулавливателями различных систем. Шлак, собираемый с определенного интервала скважины в пылеобразном состоянии, может служить пробой. Если требуются более точные данные о качестве полезного ископаемого, пересекаемого роторной скважиной, то применяются грунтоносы, отбирающие пробы со стенок скважины. При помощи грунтоносов можно брать секционные пробы какой угодно длины с целью дифференцированного изучения разреза залежи полезного ископаемого по скважине.

Отбор проб при колонковом бурении отличается наибольшим разнообразием способов. Здесь так же как и в скважинах, пробуриваемых сплошным забоем, можно отбирать в пробы измельченный материал, но главной отличительной чертой колонкового бурения в этом отношении является возможность получения более или менее сохранного столбика керна полезного ископаемого, который дает возможность получить наиболее правильное представление как о минеральном, так и о химическом составе полезного ископаемого. Поэтому основным объектом опробования служит керн. Однако далеко не всегда удается извлекать керн в достаточном количестве прежде всего вследствие его естественного разрушения и истирания в процессе бурения скважины. В связи с чем для проб обычно используют керн и шлак, а при отсутствии керна один шлак. На некоторых месторождениях с весьма ценными компонентами, способными перемельчаться (золото, молибден и др.), опробуются керн, шлак и муть.

Для повышения выхода керна рекомендуется бурить по неустойчивому полезному ископаемому (трещиноватому, хрупкому) коронками возможно большего диаметра, чаще производить подъемы, применять двойные колонковые трубы, бурить, где это возможно, твердыми сплавами или алмазами вместо дробы. Выход керна определяется в процентах как отношение длины поднятого столбика или суммы длин столбиков керна к длине пробуренного интервала; если же керн добывается сильно разрушенным, когда не представляется возможности составить из него столбики, то следует применять весовой способ определения выхода керна как отношение веса поднятого керна к его расчетному весу на длину интервала проходки скважины, с которого был поднят керн.

Приемы опробования керна разных полезных ископаемых обладают своей спецификой, а в некоторых случаях существенно отличаются друг от друга. При пересечении скважиной тел полезного ископаемого небольшой мощности (до 2 м), таких, как рудные жилы или маломощные пласты, когда число разведочных пересечений по таким телам невелико, отбор проб должен быть особенно тщательным,

чтобы не исказить представление о размерах и качестве этих тел или вовсе не потерять их из виду. В таких случаях отбор проб целесообразен короткими секциями как по самой рудной жиле, так и в ее зальбандах. Секционное опробование проводится всегда, если предварительные данные показывают возможность и необходимость выделения различных типов или сортов полезного ископаемого. Длина пробной секции в этих случаях определяется мощностями частей залежи, сложенной различными типами полезного ископаемого. Обычно минимальная длина секции устанавливается из условий ведения селективной отработки залежи и при систематическом опробовании составляет 0,3—0,5 м. При разведке крупных месторождений, обладающих залежами полезного ископаемого большой мощности, длины секций чаще определяются соображениями рационального веса одной пробы, если залежь не отличается большой изменчивостью в распределении содержаний полезных компонентов в направлении мощности (не чередуются весьма богатые и бедные прослои, немногочисленны включения пустых прослоек и т. п.). При относительно равномерных по качеству залежах полезного ископаемого длины пробных секций в скважинах составляют 2—3 м и достигают 5 м. Неравномерные же залежи должны опробоваться секциями в 1—1,5 м.

Поднятый керн после очистки и геологической документации поступает на разделку. В нормальном случае керн делится на две половинки по длинной оси столбика — одна половина направляется на химический или минералогический анализ, а вторая остается в качестве фактического каменного материала. При отборе материала на технологические испытания из серии скважин, представляющих некоторый участок или все месторождение в целом, накопление этого материала производится в количествах, пропорциональных мощностям тела полезного ископаемого в разных пунктах его пересечения буровыми скважинами; для этого отбирается материал по всему продуктивному разрезу в каждой скважине от того же столбика керна. Для отбора рядовых и технологических проб от керна последний делится на три части — половинка и две четверти столбика, которые распределяются в зависимости от требуемых количеств материала: одна часть (половинка или четверть) направляется на рядовые анализы, вторая часть (половинка или четверть) поступает в технологическую пробу, третья часть в виде четверти столбика керна остается на хранение. Мелочь, образующаяся при делении керна, смешивается по каждому интервалу опробования, делится пропорционально выделенным частям керна и присоединяется к ним.

Раскалывание керна производится керноколами, конструкции которых разнообразны. Портативный кернокол изображен на рис. 97; он рассчитан на раскалывание сравнительно небольших по длине столбиков керна. При большом объеме работ по опробованию буровых скважин следует пользоваться высокопроизводительным гидравлическим керноколом с электроприводом конструкции ЦКБ. Он выполняет продольное и поперечное раскалывание керна диаметром от 50 до 130 мм всех категорий пород. Кернокол представляет

собой рабочий цилиндр с поршнем и штоком, соединенный с головкой, в которой происходит раскалывание керна ножами-колунами. Гидравлическая система при-  
 мыкает к рабочему цилиндру и питается из бака с маслом. Употребляется веретенное масло. Общая масса керна-  
 кола 420 кг при габаритах 1280 × 430 × 600 мм.

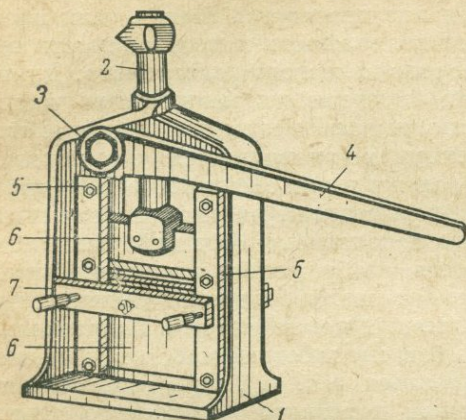


Рис. 97. Портативный кернакол

1 — корпус; 2 — стержень с зубчатой рейкой; 3 — шестеренка; 4 — рычаг; 5 — направляющие планки; 6 — подвижной нож; 7 — нажимные планки

скорость резания от 3 до 19 м в час (в зависимости от крепости полезного ископаемого). При армировании дисков алмазами скорость резания значительно возрастает.

Для полезных ископаемых с относительно равномерным распределением полезного компонента возможно применение способа М. Н. Альбова и В. Л. Челышева, когда вдоль столбика керна на специальном станке вырезается фрезой борозда (рис. 98) шириной до 10 мм при глубине до 14 мм. Процесс отбора пробы полностью механизирован: керна, укрепленный на каретке, непрерывно подается в одном направлении на вращающуюся фрезу. Последняя вырезает борозду прямоугольного сечения. Стружка и крошка из борозды составляют пробу массой в несколько сотен граммов. Для трещиноватого керна предусмотрен специальный упаковочный патрон-кассета,

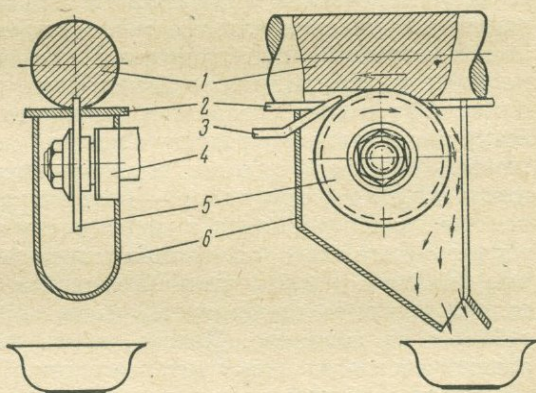


Рис. 98. Процесс отбора бороздчатой пробы от керна  
 1 — керна; 2 — каретка; 3 — трубка для подачи воды; 4 — вал фрезы; 5 — фреза; 6 — бачок для направления измельченного материала в приемный сосуд

имеющий продольную прорезь, в которую входит фреза и вырезает борозду в упакованной пачке керновых плашек, так же, как в целом куске керна.

Керн калийных и натриевых солей при бурении подвергается избирательному вымыванию наиболее легкорастворимых минералов, вследствие чего может возникнуть значительная ошибка в определении качества соли. Поэтому из соляного керна берется проба в центральной части столбика путем высверливания полости вдоль оси керна. Обычно применяется сверло диаметром 8—10 мм, дающее порошок солей в количестве, достаточном для анализов.

Опробование шлама проводится при выходе керна менее 60—80%. Но иногда и при почти 100%-ном выходе керна опробовать шлам бывает целесообразно, если ценные компоненты руды, находящиеся в ней в малых количествах по тонким прожилкам или редким гнездам, подвержены сильному избирательному истиранию вследствие своей мягкости и хрупкости по сравнению со всей остальной минеральной массой. Решение вопроса о целесообразности опробования шлама должен предшествовать тщательный осмотр керна. Массивные руды с тонкой вкрапленностью полезных минералов являются отрицательным показателем для применения шламowego опробования. Напротив, полосчатые и брекчиевые структуры, сложенные минеральными агрегатами разной твердости и устойчивости, указывают на целесообразность опробования шлама. Чтобы шлам, отобранный из скважины, мог удовлетворять требованиям, предъявляемым к материалу пробы, необходимо предохранить его от частичных потерь по трещинкам в стенках скважины, а также от загрязнения посторонними примесями из вышележащих свит горных пород. Напор промывочной жидкости должен быть достаточным для выноса всех частиц шлама

с забоя, и если некоторые из них не могут достигать поверхности, то следует применять шламовую трубу (рис. 99) и зачистку шлама с забоя после каждого подъема снаряда. Шлам из шламовой трубы и с забоя должен присоединяться к пробам соответствующих интервалов, отобранным из материала, вынесенного промывочной жидкостью на поверхность. Для получения надежных результатов опробования шлама большое значение имеет крепление скважины выше залежи полезного ископаемого. При бурении дробью шлам, поднятый из скважины и просушенный, должен освобождаться от железных примесей при помощи магнита.

Вместе со шламом из скважины выносятся мельчайшие частицы полезного ископаемого, находящиеся долгое время во взвешенном состоянии и образующие так называемую буровую муть. Эта муть с мелким шламом частично разделяется на шламовый осадок и грязевую струю, утекающую дальше с частицами, находящимися во

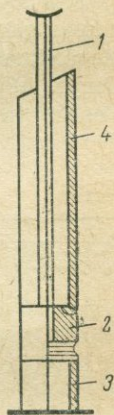


Рис. 99. Шламовая труба в сборе с колонковым снарядом  
1 — штанга;  
2 — переходная муфта; 3 — колонковая труба; 4 — шламовая труба

взвешенном состоянии. Осевший у устья шлам собирается и объединяется со шламом из трубы и из забойной зачистки — этот материал и составляет собственно шламовую пробу. Но кроме шлама остается неуловленной еще буровая муть, для которой устанавливаются чаны или перегородчатые желоба (рис. 100). Муть направляется по желобу при помощи насадки на верхний конец кондуктора обсадных труб за пределы буровой вышки. Обычно бывает достаточно четырех сосудов: в первом оседают последние порции мелкого шлама, во втором и третьем оседает илоподобный налет из мельчайшей взвеси буровой мути, в четвертый стекает относительно очищенная вода, которая там окончательно осветляется. Собранный шлам помещается в металлическую коробку, просушивается и направляется на дальнейшую обработку. Так же собирается буровая муть из отстойных ящиков (перегородчатых желобов), высушивается и упаковывается в бумажные пакеты.

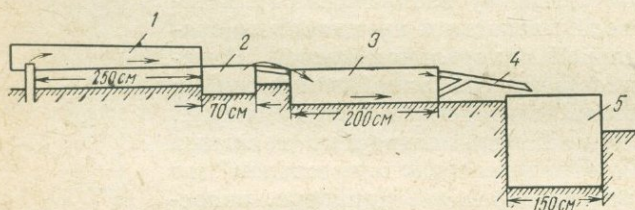


Рис. 100. Установка для сбора бурового шлама и мути

1 — желоб, 2—3 — отсадочные ящики; 4 — сточный желоб; 5 — бак-отстойник

Если полезное ископаемое представлено рыхловатой неустойчивой массой, как, например, осадочные марганцевые руды, некоторые бокситы, силикатно-никелевые руды, угли и т. п., то колонковое бурение не может дать нормального керна. При этом обычно опробование вымываемого из скважины шлама оказывается ненадежным ввиду размывов стенок скважины, влекущих перемешивание и потери шлама. То же относится и к буровой мути, которая в таких условиях почти целиком теряется. Получение материала для пробы колонковым снарядом при подобных обстоятельствах возможно путем бурения по полезному ископаемому без промывки зубчаткой с «затиркой всухую». При этом бурение ведется на предельно уменьшенном числе оборотов снаряда, достаточном лишь для его медленного продвижения в рыхлой массе полезного ископаемого. При затирке всухую возможно набирать в колонковую трубу материал из скважины на интервале 20—30 см, редко более.

**Отбор проб монолитов** для физических испытаний производится на месторождениях строительных и облицовочных камней — известняков, песчаников, доломитов, мраморов, гранитов, туфов и им подобных.

Процесс отбора проб монолитов из целика представляет собой серию нестандартных операций искусного каменщика, который, находя благоприятные трещины, иногда едва различимые, выламывает плиту из массива. При этом работы должны вестись с большой осторожностью, чтобы не нарушить структуру плиты и не вызвать

дополнительную искусственную трещиноватость в пробе. Из выломанной плиты осторожным обкалыванием отделяется монолит требуемой формы и размеров. Обычными стандартными размерами проб-монолитов являются кубики с ребрами 20 и 30 см.

В некоторых случаях целесообразно заменить способ выламывания плиты способом обуривания монолита серией рядом расположенных скважин. Этот способ более производителен. Выбуренные монолиты также подвергаются обколке для придания их граням достаточно ровных поверхностей.

## 2. ОБРАБОТКА ПРОБ ДЛЯ АНАЛИЗОВ И ИСПЫТАНИЙ

Прежде чем передать пробу полезного ископаемого на испытания, необходимо выполнить ряд операций, которые могут быть названы полевой обработкой пробы. Она осуществляется вблизи места отбора пробы и выполняется персоналом разведочной партии.

Полевая обработка проб, отбираемых при разведке месторождений полезных ископаемых, заключается в подготовке материала, добытого из разведочных или подготовительных горных выработок, а также из буровых скважин, к лабораторным или иным испытаниям. Необходимость такой подготовки обусловлена тем, что в начальную пробу всегда отбирается много материала, а лабораторные исследования проводятся с малыми его количествами: пробы для химического или минералогического анализа имеют массу от 0,5 до 50 кг, иногда более; масса же конечных проб, направляемых в лабораторию, находится в пределах 20—30 г и лишь для анализа на благородные металлы до 200 г. Кроме того, различные условия и задачи опробования могут вызвать необходимость смешивания различных проб, их просушки и пр. Очень малое содержание полезных компонентов в некоторых месторождениях, таких, как россыни или редкометалльные штокверки, требует предварительного обогащения проб, для чего производится промывка песков или протолочек, иногда отдувка материала, отобранного в пробу.

Ниже кратко описаны приемы полевой обработки проб, получаемых в процессе разведки месторождений полезных ископаемых, которые предназначаются для химического и минералогического анализов или для технологических испытаний.

**Объединение проб** производится с целью получения средних данных по какому-либо участку объекта разведки с минимальными затратами на анализы проб (групповые пробы).

Основные правила, которые должны соблюдаться при объединении проб, заключаются в следующем: 1) объединять можно только смежные пробы, находящиеся на одном и том же участке, по которому предполагается получить средние значения качественных показателей полезного ископаемого; 2) объединять допустимо только однотипный по качеству материал, характеризующий тип или сорт полезного ископаемого.

Объединение проб возможно в начале процесса обработки, часто на месте взятия проб, без их измельчения или сокращения, и в конце обработки, после доведения каждой индивидуальной пробы до конечного веса, требуемого для лабораторных испытаний. Первый способ уместен в тех случаях, когда начальные веса проб невелики, — при борзодовом, шпуровом или точечном способах опробования. Объединение проб большого веса, таких, как задиrkовые, валовые или крупные борзодовые, удобнее производить вторым способом. Последний имеет еще то преимущество, что в случае необходимости можно воспользоваться дубликатами объединенных индивидуальных проб для их отдельного анализа. Объединение материала конечных проб, выполняемое вторым способом, должно производиться пропорционально весам начальных проб, если последние отражают различные величины опробованных участков (мощности тела, площади сечений или иных частей объекта опробования). Когда же пробы различного веса характеризуют участки тела полезного ископаемого примерно одинаковой величины, то в объединенную пробу должны отбираться равные порции материала из всех индивидуальных проб.

Количество проб, которые целесообразно объединять при систематическом опробовании разведочных и подготовительных горных выработок, зависит от расположения проб и от расстояний между ними. Обычно объединяются две-четыре смежные пробы в выработке. Для характеристики же значительной части объекта разведки — разреза по простиранию или по падению, блока или очистной ленты — могут объединяться многие индивидуальные пробы. При этом объединенная проба может быть составлена из всех секций по разведочному пересечению, а ряд таких объединенных проб может быть в свою очередь объединен в большую групповую пробу. Последняя может служить материалом для анализов полезного ископаемого на попутные компоненты, определение которых в каждой индивидуальной пробе нецелесообразно.

**Сушка проб** бывает необходима в большинстве случаев, так как пробы, доставляемые из горных выработок, из шлама буровых скважин и из навалов добытого минерального сырья, обладают большей или меньшей влажностью. Иногда материал пробы настолько насыщен влагой, что при дроблении способен образовать грязеподобную массу, забивающую рабочее пространство в дробилках, истирателях и ситах и непригодную для ее обработки. Нормальная схема обработки проб строится из предположения, что материал пробы сухой.

Пробы большого веса предпочтительно сушить на открытых площадях при сухом климате и под навесом, защищающим от атмосферных осадков. Сушка же проб небольшой массы (до 2—3 кг) при большом их количестве ведется в печах-духовках, оборудованных серией железных противней. Сушить пробы надлежит при температурах, не превышающих 100° С, так как более высокие температуры вызывают разложение некоторых минералов, влекут потери серы в сульфидных рудах и кристаллизационной воды во многих минералах. Ископаемые угли, взятые на пробу, должны подсушиваться при тем-

пературе 50° С в течение трех часов, бурые угли до пяти часов в специальных сушильных шкафах.

**Дробление и измельчение проб.** Для химического и минералогического анализов в конечную навеску попадает лишь небольшая часть начальной пробы, которая может остаться подобной начальной пробе только при достаточном числе частиц, составляющих однородную массу. Такую однородную массу можно получить из начальной пробы с кусками разной крупности лишь при условии ее измельчения до частиц одинаковой крупности при тщательном перемешивании измельченного материала.

Для определения необходимой степени измельчения материала пробы используется эмпирическое соотношение массы пробы и диаметра частиц

$$Q = Kd^2, \quad (25)$$

где  $Q$  — надежная масса пробы, гарантирующая ее представительность, кг;

$d$  — диаметр наибольших частиц в пробе, мм;

$K$  — коэффициент, зависящий от характера полезного ископаемого;

$\alpha$  — показатель степени, зависящий от размеров вкрапленности ценного минерала.

Наиболее распространенным в практике разведочного опробования является это выражение с показателем степени 2, называемое формулой Ричардса — Четтта:  $Q = Kd^2$ . Для этого выражения рекомендованы значения коэффициента  $K$  в зависимости от равномерности распределения полезного компонента в руде (по В. М. Крейтеру), приведенные в табл. 19.

Таблица 19

Значение коэффициента  $K$  в формуле  $Q = Kd^2$

Распределение полезного компонента в руде	$K$
Равномерное	0,05
Неравномерное	0,10
Весьма неравномерное	0,2—0,3
Крайне неравномерное	0,4—0,5

В обычных случаях обработки разведочных проб производится их дробление до размеров наибольших частиц около 10 мм и затем измельчение до размеров минеральных частиц менее 1 мм (предельно до 0,1 мм). При этом различаются четыре стадии дробления и измельчения по крупности: 1) крупное — диаметр частиц 100—30 мм; 2) среднее — 12—5 мм; 3) мелкое — 3—0,7 мм; 4) тонкое — 0,15—0,07 мм.

Единичные пробы, получаемые в процессе поисковых работ, обычно дробятся вручную, если не представляется возможным

воспользоваться механической дробилкой на близлежащем горном предприятии или в крупной разведочной партии. Для ручного дробления употребляются ступы — от металлических больших размеров до фарфоровых и яшмовых для тонкого измельчения конечной порции пробы.

При массовом опробовании в разведочной партии или экспедиции, а тем более на действующем горном предприятии должно быть оборудовано проборазделочное помещение. Примерная схема такого помещения показана на рис. 101 (по М. Н. Альбову). Для дробления проб применяются лабораторные щековые дробилки, техническая характеристика которых приведена в табл. 20.

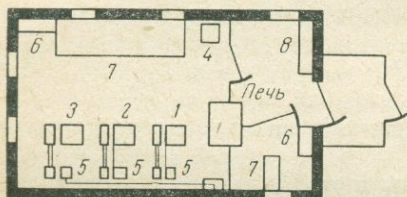


Рис. 101. План помещения для обработки проб

1 — щековая дробилка; 2 — валки; 3 — истиратель; 4 — плита для истирания; 5 — электродвигатели; 6 — шкафы; 7 — столы; 8 — полки

Для дробления проб крупного угля применяются молотковые дробилки, подобные дробилке ДМ-300. Такая дробилка способна раздробить 500 кг каменного угля за 1 ч на куски крупностью от 25 до 3 мм. Ее установочная мощность 7 квт, габариты: 534 × 195 × 540 мм, масса 400 кг. На такой дробилке можно также дробить большие порции других нетвердых полезных ископаемых.

Измельчение материала пробы производится на валах, в шаровых мельницах, дисковых и вибрационных истирателях. Лабораторные дробильные валки представляют собой два горизонтальных

Таблица 20

Техническая характеристика щековых дробилок

Показатели	Типы дробилок	
	58-ДР	40-ДР
Размеры загрузочного отверстия, мм	100×60	74×58
Число оборотов в минуту	500×650	450
Установочная мощность, квт	1.40	0.75
Габариты, мм:		
длина	355	490
ширина	333	442
высота	372	375
Масса (без электродвигателя), кг	72	95
Производительность, кг/ч:		
при ширине разгрузочной щели 6 мм	260	200
»   »                   »   3   »	190	40
»   »                   »   1   »	160	—

цилиндра, вращающиеся навстречу друг другу и раздавливающие проходящие между ними частицы пробы. Дробильные валки Механобра (59-ДР) позволяют дробить материал крупностью до 10 мм с измельчением до 4—1 мм. Наибольшая производительность валков 90 кг/ч; габариты 535 × 390 × 330 мм, масса 101 кг.

Тонкое измельчение пробы в большинстве случаев производится на дисковых истирателях, позволяющих истирать и большие и малые количества материала сравнительно быстро. В истиратель поступает проба после дробильных валков и, проходя между вращающимися вертикальными дисками, истирается до нужных размеров частиц. Дисковый истиратель Механобра (60-ДР) имеет следующую характеристику: производительность 20 кг/ч, установочная мощность 0,5 квт, конечный диаметр частиц 0,1—0,05 мм, основные размеры 500 × 300 × 410 мм, масса 30 кг. Кроме того, для тонкого измельчения можно использовать лабораторную шаровую мельницу, которая менее производительна по сравнению с дисковым истирателем, но дает более равномерно измельченный материал. В разведочной практике применяется также вибрационный истиратель (75-БД), предназначенный для одновременного измельчения четырех проб небольшой массы (50—100 г). Он представляет собой раму на пружинах и резиновых растяжках, в середине которой проходит эксцентриковый вал. По обе стороны от вала в раме в специальных гнездах помещаются четыре стальных стакана. Внутри каждого стакана находится стальной ролик. При вращении вала рама совершает круговые колебания, в результате чего ролик в стаканах катаются по их стенкам, раздавливая и истирая частицы пробы, находящиеся в стаканах.

**Просеивание проб** производится с целью контроля процесса измельчения и разделения измельчаемого материала на классы по крупности частиц. Такое разделение помогает лучше выполнить обработку пробы, так как смешение частиц самых разных размеров в пробе — от 50 мм до сотых долей миллиметра — усложняет измельчение пробы и дальнейшую ее обработку, особенно если проба велика по весу.

Перед дроблением следует просеять пробу — крупную на грохоте, а малую на ситах — для отделения рудной мелочи, которая не должна дробиться на щековых дробилках по малости своих размеров. Такое просеивание пробы называется вспомогательным.

После дробления проба снова просеивается для отделения слишком крупных частиц, которые случайно проскакивают через дробильные машины или иным путем попадают в измельченную пробу. Эти крупные частицы направляются повторно на измельчение. Просеивание после дробления называется контрольным.

Грохот представляет собой сито с крупными отверстиями. Ручной грохот изготавливается из металлической сетки, которая натягивается на деревянную раму размером примерно 0,7 × 0,3 м. Материал пробы, набрасываемый на грохот, разделяется на два класса, например при размерах отверстий 10 мм этот материал образует классы +10 мм, остающийся на сетке, и —10 мм, прошедший через сетку.

При большом объеме работ применяется механический лабораторный грохот Механобра 138-Гр. Этот грохот имеет производительность 75 кг в час при мощности 0,25 квт; масса его 16 кг.

Пробы небольшого веса просеиваются при помощи комплекта круглых сит. Сита подразделяются по крупности отверстий на несколько стандартных размеров; при этом существует два обозначения крупности сит: по размерам отверстий, выражаемых в миллиметрах, и по числу отверстий, приходящихся на линейный дюйм. Последняя размерность называется «меш». Сравнение некоторых стандартных сит, обладающих примерно одинаковыми ячейками, но выраженных в той и другой размерности, приведено в табл. 21.

Таблица 21

Размеры ячеек некоторых стандартных сит

Размер стороны ячейки (ГОСТ 2851—45), мм	2,5	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,075
Число отверстий на линейный дюйм (меш)	8	20	32	48	65	150	200

**Перемешивание проб** является важной операцией, обеспечивающей равномерное распределение рудных и нерудных минеральных компонентов. Она осуществляется каждый раз после дробления пробы перед ее сокращением.

Крупные пробы, такие, как валовые или задирковые, массой от сотен килограммов до 2—3 т, перемешиваются обычно путем перелопачивания. Для этого из кучи материала лопатой из разных мест набираются порции и перекидываются в другое место. Перекидывание повторяется несколько раз до получения однородной на вид смеси. При этом не следует бросать материал в середину кучи, так как коническая ее форма способствует скатыванию более крупных и тяжелых кусков вниз, т. е. препятствует перемешиванию. Это самый простой, но довольно трудоемкий способ перемешивания.

Для более тщательного перемешивания материала пробы рекомендуется способ кольца и конуса, который целесообразно применять для проб менее 1 т. Этот способ состоит в следующем: на ровную чистую площадку насыпается материал пробы в виде конуса; эту коническую насыпь разравнивают, разворачивают в диск и затем в кольцо при помощи доски или металлической пластины, вдавливая ее с вершины конуса с одновременным поворачиванием вокруг оси конуса (рис. 102). После этого с внешней стороны кольца материал снова забрасывается совком или лопаткой внутрь кольца до тех пор, пока весь материал пробы не переместится в новый конус, как показано на верхней фигуре рисунка. Эти операции, повторенные два-три раза, обычно дают возможность хорошо перемешать пробу.

Небольшие пробы массой 3—5 кг можно перемешивать способом перекатывания. Для этого на брезент или на клеенку высыпается

проба и производится ее перемещение по поверхности подстилки следующим образом: взявшись за противоположные по диагонали углы подстилки поочередно поднимается то один, то другой угол с легким встряхиванием, затем то же повторяется с другой парой углов. При этом материал пробы перекачивается с одного края подстилки на другой, поворачивается и таким образом перемешивается. Однако при значительной крупности материала этот способ может не дать хорошего смешения частиц, так как последние при большой разнице удельных их весов способны к обособлению под действием силы тяжести. Поэтому способ перекачивания рекомендуется применять только для мелко- и тонкоизмельченного материала.

**Сокращение проб** является заключительной операцией обработки, назначенной которой состоит в том, чтобы уменьшить материал пробы до величины, достаточной для выполнения анализа или иного испытания. Все предшествующие операции (от дробления пробы до ее тщательного перемешивания) являются подготовительными, необходимыми для получения материала требуемой крупности и равномерного состава. Только при этих условиях можно сокращать материал пробы с гарантией того, что он будет и в малом количестве соответствовать среднему составу пробы, т. е. будет представителем для анализа.

Сокращение крупных большевесных проб производится обычно на месте их отбора и после перемешивания перелопачиванием эти пробы сокращаются одним из следующих способов.

**Кратное сокращение** применяется для валовых проб из горных выработок и осуществляется отделением в пробу второй, пятой, десятой вагонеток или бадей из общей большой массы добытого полезного ископаемого. Соответственно отбитая масса минерального сырья сокращается в 2, 5, 10 раз. Пробы относительно небольшие, как, например, отобранные задирковым способом, можно сокращать таким же методом, но отбирать меньшие порции — лопатой, совком и т. п. — через определенные интервалы черпания. Таким образом, из массы минерального сырья берется некоторая его часть в пробу, а остальная масса отбрасывается в соответствующий отвал. Возможность кратного сокращения следует проверять по формуле:  $Q = Kd^2$  при выбранном значении  $K$ .

**Полное вычерпывание** является разновидностью общего способа кратного сокращения, но проводится по более строгой

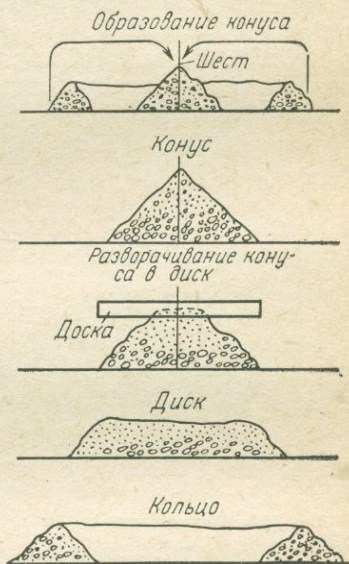


Рис. 102. Перемешивание проб по способу кольца и конуса

системе. После перемешивания материал пробы разравнивается и на нем намечается равномерная сетка или набрасывается веровочная сеть, подобная той, которая употребляется при отборе проб способом вычерпывания. Из ячеек сети совком или лопаткой вычерпываются до основания насыпи порции материала и объединяются в одну сокращенную пробу. Способ полного вычерпывания позволяет получить наиболее представительную пробу.

Главным достоинством способов кратного сокращения является то, что они дают возможность применить любую степень сокращения пробы в один прием.

Пробы малого веса (как начальные, так и получаемые в конечной стадии процесса обработки из проб большого веса) сокращаются различными способами, из которых наиболее распространены в практике способ квартования и некоторые простейшие приспособления для сокращения пробы вдвое.

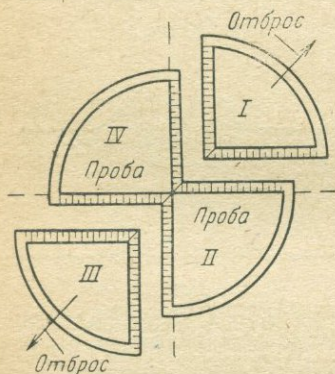


Рис. 103. Квартование пробы

Квартование — самый древний способ сокращения пробы — выполняется следующим образом. Тщательно перемешанный материал пробы разворачивается в диск с таким расчетом, чтобы материал расположился слоем 2—5 см в зависимости от размера пробы. Затем насыпь делится на четыре равные части — на четыре сектора — путем наложения крестовины или при малом количестве материала с помощью пластинки (рис. 103). Материал двух противоположных секторов выбрасывается совками с заметанием мелочи волосяной щеткой. Оставшиеся два сектора смешиваются и представляют собой сокращенную вдвое пробу. Если степень сокращения больше двух (четыре или восемь), то перемешанный остаток вновь сокращается еще один или два раза.

Брать в качестве пробы один из четырех секторов не рекомендуется, так как согласно опытам качество материала в каждом из четырех секторов довольно различное и вследствие этого ошибка в определениях содержаний полезных компонентов по одному сектору квартованной пробы может быть значительной. При смешивании же двух противоположных секторов расквартованной пробы, как показали эксперименты, ошибка определения содержаний полезных компонентов находится в пределах 8—10%.

Сокращение прибором С. М. Коломейченко в несколько раз увеличивает производительность сокращения проб среднего или малого веса. Для больших проб этот способ неприемлем.

Прибор представляет собой делительный совок, состоящий из согнутых полос тонкого листового железа, скрепленных соединительными брусками (рис. 104). Оптимальным числом принято 7 таких

полос с высотой и длиной в зависимости от объема проб, предназначенных для массового сокращения. Этот сложный совок может быть использован лишь в комплекте со специальным столом, в котором должны быть сделаны две щели, расположенные под прямым углом друг к другу. Щели являются приемными каналами для ссыпания сокращенной части пробы в сосуд, подставляемый под стол.

Процесс сокращения пробы быстрый и простой. Материал пробы хорошо перемешивается на столе и раскладывается в виде диска в створе прямоугольных вырезов. Затем на материал пробы накладывается совок, погружаемый легким нажатием до поверхности стола, и движением в направлении открытых концов делительных полос к приемной щели примерно половина пробы ссыпается в щель и далее в сборный сосуд под столом. Вторая половина пробы остается на столе. Она может быть выброшена или в свою очередь сокращена в зависимости от требуемого количества материала на анализы и в дубликат пробы. Для второго сокращения достаточно повернуть совок на  $90^\circ$  и ссыпать материал второго сокращения в другую приемную щель. Представительность сокращенных частей пробы достаточно высока для выполнения обычных анализов или иных испытаний пробы.

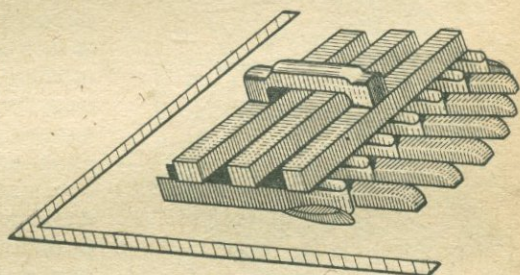


Рис. 104. Прибор С. М. Коломейченко для сокращения проб

Сокращение желобковым делителем Джонса — самый производительный и надежный способ отделения половины пробы в процессе ее обработки. Он пригоден для сокращения любых проб (и больших и малых), нужно лишь размеры делителя согласовать с объемами массовых проб.

Делитель Джонса может быть изготовлен на месте при наличии механической мастерской в геологоразведочной организации. Он состоит из металлической коробки с раструбом вверху и двумя сериями разнонаправленных желобков внутри, выходящих в нижней части коробки с одной и с другой ее сторон (рис. 105). Число желобков должно быть 16—20 при ширине каждого желобка, превышающей в 5—6 раз диаметры наибольших частиц пробы.

Сокращение пробы на делителе Джонса весьма простое: проба, собранная в эндовку или совок, размером, равным длине делительного коробка, аккуратно высыпается в последний, как показано на рис. 105. Разделенная проба ссыпается в две эндовки, подставленные с обеих сторон под выходными отверстиями желобков делителя. Вся операция разделения пробы длится не более 1 мин. Представительность обеих половин пробы зависит от качества прибора; при одинаковых желобках, выполненных без щелей и заусениц, проба делится

практически пополам и содержания полезных компонентов в каждой половине весьма близки между собой.

**Обработка проб из россыпей** существенно отличается от таковой для других твердых полезных ископаемых. Прежде всего исключается операция дробления, так как в россыпях она выполнена природой. Но главным отличием является предварительное обогащение песков путем их отмывки в воде до получения черного шлиха, т. е. тяжелого минерального концентрата. На испытание направляются не пески, в которых полезные минералы содержатся в малых и весьма малых количествах, а обогащенный материал — шлик.

Полный цикл промывки пробы песков состоит из трех операций: отмучивания, отмывки и доводки. Первая операция преследует цель отделения глинистого материала и крупных кусков; вторая позволяет разделить основную массу песка на легкие частицы, уносимые с потоком воды, и более тяжелые, остающиеся в промывальном устройстве; третья заключается в отделении тем или иным способом балластных минералов, остающихся в шлик в значительном количестве после второй операции. Доводка производится или путем более тщательной отмывки малого количества песка или отделением магнитом минералов, обладающих повышенной магнитностью.

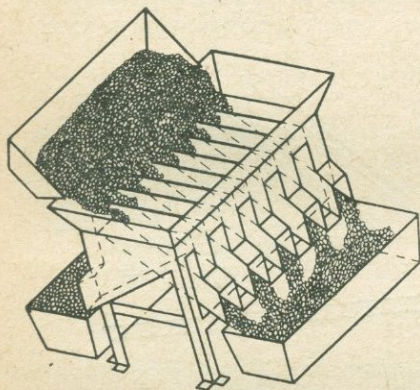


Рис. 105. Желобковый делитель Джонса

Промывка производится в лотке или ковше малыми порциями, а для проб большого веса применяются бутары. В лоток загружается 6—8 кг песков, он погружается в воду в наклонном положении и гребком разрыхляется песчаная масса, в результате чего образуется муть из тончайших частиц, уносимая с лотка естественным водотоком, и выделяются крупные гальки или щебень, которые сбрасываются. Комки глины при этом растираются рукой. На этом заканчивается операция отмучивания в лотке. Затем лоток погружается в наклонном положении в воду, лучше всего в поток с медленным течением и приводится в круговое движение с легким встряхиванием. При поисковом опробовании пески не следует отмывать слишком тщательно, так как вместе с легкими смываемыми из лотка минералами можно упустить и мелкие частицы более тяжелых полезных минералов. Поэтому поисковые пробы промываются до серого шлиха. Разведочные же пробы, где многократным опытом установлена преобладающая концентрация полезных минералов в наиболее тяжелых фракциях, должны промываться до черного шлиха. Отмывка серого шлиха до черного и представляет собой в большинстве случаев операцию доводки. В операцию доводки многих золотосодержащих шли-

хов входит еще отделение магнитных минералов, осуществляемое после просушки шлиха перед его запечатыванием в пакет на отправку для лабораторного анализа.

Бутара представляет собой деревянный ящик, наклонно поставленный вблизи водного потока (рис. 106). С приподнятого конца ящика устроен загрузочный воротник с металлической крупной сеткой; в другом его конце набиты плинтусы, у отвесных стенок которых задерживаются при промывке тяжелые минералы и среди них ценные компоненты: золото, платина, касситерит, вольфрамит и др. Для более полного улавливания золота на дно бутары набивается грубошерстное сукно. Промывка пробы на бутаре производится на металлической сетке, куда высыпается материал пробы, под струей воды, подведенной к бутаре по желобу или шлангу. При этом крупные куски и галька отбрасываются в сторону, а мелочь с потоком муты проходит через бутару, оставляя на ее дне свой ценный груз. Размеры бутары для промывки разведочных проб: длина 2 м, ширина 40—60 см, высота 60—80 см. Угол наклона дна бутары 8—10°. Производительность на такой бутаре от 3 до 6 м<sup>3</sup> в смену.

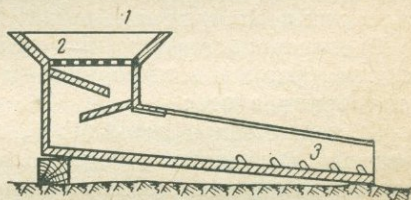


Рис. 106. Бутара  
1 — загрузочный воротник; 2 — сетка;  
3 — плинтусы

Потери полезных компонентов на лотке или в ковше колеблются в широких пределах и в значительной мере зависят от искусства промывальщика. Для золота и платины потери обычно составляют 10—15%, а при резком преобладании крупных частиц золота над мелкими потери при промывке сокращаются до 2—3%. Промывка проб касситеритовых или вольфрамитовых россыпей характеризуется более высокими потерями — до 25—40%, особенно при мелкозернистых песках. Потери на бутаре составляют для золота и платины 5—10%, для касситерита и вольфрамита 30—40%.

Обработка алмазонасных песков усложняется ввиду очень малых содержаний ценных минералов в россыпи и относительно небольшого их удельного веса. Поэтому пробы алмазонасных песков берутся в больших объемах, от которых отделяются части размерами 1—3 м<sup>3</sup>. Эта часть пробы служит для определения содержаний тяжелой фракции по классам крупности, выхода шлиха, петрографического состава песков и шлиха по классам, степени промывистости песков. После этого производится обработка всей пробы с преимущественным отбором шлихов из тех фракций, где возможно накопление алмазов. Промывка производится на бутарах, устроенных с таким расчетом, чтобы отбирался в основном материал крупностью от 0,2 до 16 мм, где концентрируются практически все алмазы.

При отробовании россыпей в стадию разведки почти всегда выполняется механический анализ песков и ситовый анализ шлиха с целью определения соотношения в объемных процентах материала

различных фракций по крупности. Знание этих соотношений для песков и ценного минерала важно при решении вопросов обогащения песков и извлечения полезных компонентов из них.

Для промывки крупных проб из россыпей используются обогатительные установки, предназначенные для опытной эксплуатации россыпных месторождений и обладающие большей производительностью по сравнению с простейшими промывочными устройствами, описанными выше.

### 3. ИСПЫТАНИЯ ПРОБ

Испытания проб, отбираемых в процессе разведки месторождений полезных ископаемых, делятся на следующие группы:

1) химико-аналитические и ядерно-физические с целью определения химического состава полезного ископаемого, содержания полезных компонентов и вредных примесей;

2) минералогические исследования для выяснения минерального состава, размеров минеральных зерен, текстур и структур полезного ископаемого;

3) технические испытания, позволяющие выяснить физические свойства полезного ископаемого или полезных минералов, заключенных в нем, для оценки качества полезного ископаемого и решения вопросов отработки месторождения;

4) технологические испытания, предпринимаемые для выяснения наиболее эффективного способа переработки или прямого использования полезного ископаемого.

Все эти исследования выполняются в специальных лабораториях или на промышленных установках. Рассмотрение многочисленных и разнообразных методик таких исследований не входит в задачу данного курса. Поэтому ниже излагаются лишь некоторые сведения об испытаниях проб полезного ископаемого, дающие самые общие представления об этих испытаниях для понимания их существа и назначения, необходимые для геолога-разведчика при оценке результатов соответствующих анализов и испытаний.

**Химико-аналитические исследования** выполняются обычно в лабораториях, организованных в системе геологической службы или на горных предприятиях в районе поисковых и разведочных работ. На ранних стадиях изучения месторождений преобладают скоростные способы определения химического состава проб — капельный, полярографический, атомно-сорбционный и наиболее распространенный спектральный. Высокая чувствительность, возможность одновременного определения многих элементов (более 30), быстрота и дешевизна полукolicественного спектрального анализа, а также компактное изложение результатов анализа на фотографиях и ряд других преимуществ обусловили широкое его распространение в последние годы.

Точные химические анализы массовых проб являются основой определения качества и запасов полезного ископаемого по результатам разведочных работ. Наиболее жесткие требования к точности

химических анализов предъявляются при опробовании бедных руд, где содержания полезных компонентов приближаются к кондиционному минимуму. Даже небольшие ошибки в определении содержаний полезных компонентов в бедных рудах могут привести к тому, что промышленное месторождение или его часть будут оценены как непригодные для использования, если в результате ошибок анализов содержания полезных компонентов будут занижены.

В комплексных полезных ископаемых по каждой пробе или по сериям проб определяется несколько полезных компонентов. Чтобы правильно установить компоненты, подлежащие точному химическому анализу в пробах, целесообразно воспользоваться данными предшествовавших спектральных анализов этих или подобных проб, а при отсутствии таковых выполнить заново спектральные анализы. Полуколичественный спектральный анализ покажет, какие компоненты можно ожидать в промышленных концентрациях или какие вредные примеси могут превышать допустимые пределы; тогда определение содержаний названных элементов более точными и дорогостоящими химическими методами будет достаточно обоснованным.

Нерационально исследовать пробы разной представительности с одинаковой наивысшей степенью точности. Поэтому заказчик должен сообщать в лабораторию известные данные о составе направляемых проб — химическом или минеральном, а также указывать допустимые погрешности определения содержаний компонентов.

**Минералогические исследования** проводятся как на полированных или прозрачных шлифах, так и на рыхлом материале из естественных песков или дробленых руд. Они служат задачам: 1) предварительного разделения полезного ископаемого на сорта соответственно его природным типам и предполагаемым технологическим свойствам; 2) определения содержания некоторых полезных компонентов в рудах, когда последние не подвергаются массовым химическим анализам при разведке; 3) корректировки данных химических анализов проб; 4) фазовых, фракционных и других анализов при технологических испытаниях проб.

Выяснение минерального состава руды, ее текстурно-структурных особенностей дает возможность различать руды окисленные, первичные и смешанные. В пределах каждого типа могут быть выделены минералогически более сложные и менее сложные руды по составу полезных компонентов в них. Среди однотипных по минеральному составу руд возможно выделение богатых и бедных по содержанию полезного компонента. Различная крупность минеральных зерен и их сростков может послужить основанием для разделения руды на сорта по различию их поведения при переработке полезного ископаемого. Предварительное выделение типов и сортов руд в результате минералогических исследований в некоторых случаях требует подтверждения химико-аналитическими данными.

При разведке многих месторождений благородных и редких металлов или драгоценных минералов минералогические исследования проб являются естественным способом определения качества

полезного ископаемого и содержания полезного компонента в **шлихах** из песков или из искусственно измельченного каменного материала — так называемых «протолочек» рудных проб. Золото в шлихах отделяется отдувкой прочих более легких минералов или амальгамацией, когда преобладает тонколистоватое золото, способное уноситься при отдувке вместе с легкими минералами. Содержание касситера при отдувке вместе с легкими минералами. Содержание касситера, вольфрамита, монацита, циркона и колумбита в шликере определяется путем подсчета зерен по фракциям различной крупности. Определение алмазов производится в концентрате из пробы при помощи рентгеновых лучей и расчет их содержания выполняется на основании минералогических исследований. Свообразны минералогические исследования для определения качества и содержаний таких полезных минералов, как асбест, слюда, корунд, пьезокварц и др.

Корректировать данные химических анализов проб при помощи минералогических исследований того же материала возможно в ряде случаев, когда имеют место грубые ошибки химического анализа или путаница результатов относительно нумерации исходных проб. Сопоставление результатов минералогических исследований (наблюдений) и химических анализов позволяет установить несоответствие элементарного состава полезного ископаемого по химическому анализу и минералогическому исследованию; тем самым обнаруживается ошибка в определении его качества.

При технологических испытаниях проб полезных ископаемых минералогические исследования проводятся и с исходным материалом пробы и с ее частями, представленными различными фракциями или продуктами переработки. Эти исследования неотъемлемы от опытов по переработке минерального сырья, так как расшифровывают ход процесса по любой технологической схеме.

**Технические испытания** проводятся в целях: 1) определения качества некоторых видов минерального сырья; 2) выяснения горнотехнических условий отработки месторождения; 3) установления объема веса полезного ископаемого по сортам для подсчета его запасов.

Технические испытания ископаемых углей, горючих сланцев и торфа производятся путем сжигания и нагрева. Они позволяют выяснить долю горючей части (кокс, летучие) и негорючей (влага, зола), калорийность топлива (теплотворную способность), измеряемую количеством выделенного тепла при полном сгорании 1 кг топлива. Технические испытания асбестового волокна проводятся с целью определения его прочности, тонкости и гибкости, кислотоупорности, огнестойкости, теплопроводности и электропроводности. Эти показатели, характеризующие качество минерального сырья, выполняются в специализированных лабораториях. Качество слюды определяется ее электротехническими свойствами, термической стойкостью и прозрачностью. Эти технические характеристики слюды выясняются в лабораторных условиях на мономинеральных фракциях проб — отбираются пластины слюды на испытания массы до 5 кг. Оптические минералы и драгоценные камни подвергаются специфич-

ческим испытаниям их физических свойств, которые являются решающими в определении качества этих минеральных видов.

Технические испытания минерального сырья, важные для его отработки, заключаются в определении крепости, кусковатости руд или гранулометрического состава песков, коэффициента разрыхления, пластичности и вязкости, сопротивления раздавливанию, степени разбухания при намокании глин, пористости и влагоемкости твердых пород и др. Большая часть из этих испытаний проводится в специальных лабораториях, но некоторые возможны в полевых условиях и не требуют сложного оборудования. Так, например, влажность руды можно определить путем ее взвешивания во влажном состоянии и после просушки; коэффициент разрыхления горной породы или полезного ископаемого определяется как отношение объема отбитой руды (породы) к ее объему в целике— тот и другой объемы замеряются на месте работ. Определение крепости породы для присвоения ей категории по буримости надежнее всего определяется с помощью хронометража в проходческом забое или на буровой вышке.

Определение объемного веса полезного ископаемого в целике, необходимое для подсчета запасов полезного ископаемого, может быть выполнено как в полевых, так и в лабораторных условиях. Для лаборатории требуются типичные образцы массой от долей килограмма до 2—3 кг, которые подвергаются измерению и взвешиванию на лабораторных приборах. Наиболее распространенными способами определения объемного веса по малым образцам плотных пород или руд являются: определение объема образца в мерном стакане и взвешивание его на технических весах; способ взвешивания образца в воде и воздухе. Сильно пористые образцы перед определением их объема взвешиваются, затем парафинируются, т. е. покрываются тонким слоем парафина для изоляции пор и пустот внутри образца от внешней среды; парафинированный образец погружается в мерный стакан для определения его объема. Однако наиболее представительными являются пробы большого веса из горных выработок, где объемный вес в процессе проходки последних определяется путем взвешивания отбитого полезного ископаемого и измерения объема выработки или ее части, где это полезное ископаемое было отбито. В некоторых случаях объемный вес целесообразно определять по монолитам, для чего высекается брус правильной формы, тщательно измеряется рулеткой или линейкой и взвешивается. Во всех способах определения объемного веса полезного ископаемого наиболее затруднительно достаточно точное определение объема, вес же всегда может быть определен с высокой степенью точности. В последнее время для определения объемного веса руд и горных пород используются их радиоактивные и другие физические свойства, для чего применяются специальные приборы.

**Технологические испытания** проб полезных ископаемых производятся для установления технологической схемы их переработки или уточнения и изменения текущего технологического процесса, если изменяется качественный состав полезного ископаемого, поступающего

в переработку. В начальные стадии разведки месторождения технологические испытания проводятся только для решения вопроса о возможности рациональной переработки минерального сырья, которое может быть получено на разведываемом месторождении. В стадию предварительной разведки месторождения, а иногда и в стадию поисково-разведочных работ, технологические испытания проводятся в предварительном порядке обычно в лабораториях. В процессе детальной разведки и в начальный период эксплуатации месторождения технологические испытания уже носят производственный характер и осуществляются на опытных или уже действующих промышленных предприятиях, потребляющих данное сырье. В этот период испытываются пробы по всем промышленным сортам полезного ископаемого и на основании испытаний разрабатываются технологические схемы переработки минерального сырья.

Пробы руд отбираются для технологических испытаний на обогатимость или на плавку. Технологические испытания металлических руд обычно начинаются со спектрального их анализа. Затем выполняется полный химический анализ руды по комплексу тех элементов, которые установлены спектральным анализом в значительном количестве. Критерием надежности количественного химического анализа является близость суммы всех выявленных компонентов руды к 100%. Для определения содержания драгоценных металлов проводится пробирный анализ. Одновременно с изучением химического состава руды производится минералогический анализ рудного материала по фракциям крупности: определяются все рудные и нерудные минералы, слагающие руду, их размеры и формы выделений. В зависимости от характера полезного ископаемого эти минералогические исследования производятся при помощи микроскопа или бинокулярной лупы. Другие вспомогательные исследования — люминесцентные, радиометрические, термический анализы и т. п. — проводятся по мере необходимости для установления минеральных форм проявления различных элементов в руде. Последние бывают заключены в одном или нескольких минералах то в виде определенных химических соединений, то в качестве механических или изоморфных примесей. При этом важно установить наличие свободных зерен полезного минерала и его участие в сростках с другими нерудными минералами, долю тех и других проявлений полезного минерала в материале пробы при разной крупности этого материала. Для выбора технологической схемы обогащения руды решающее значение имеют физико-механические свойства минералов, крупность свободных зерен полезного минерала и их формы. Например, крупные классы минеральной массы могут обогащаться отсадкой в тяжелых суспензиях или магнитной сепарацией (2—20 мм); мелкие — концентрацией на столах, электромагнитной сепарацией, агитационным выщелачиванием (0,2—2 мм); тонкие — флотацией, выщелачиванием (0,02—0,2 мм); весьма тонкие — отмучиванием (0,002—0,02 мм). Руды сплошные с массивной текстурой обычно идут в плавку без обогащения.

Технологические испытания проб из россыпей преследуют глав-

ным образом цель выяснения поведения различных видов полезных минералов при промывке песков. Зная содержание в песках шлихового, свободного тонкого и связанного золота, можно установить наиболее рациональную схему переработки золотоносных песков. Для этого от валовой пробы берется часть (0,3—0,4 м<sup>3</sup>) и тщательно промывается на бутаре. Хвосты классифицируются по крупности, мелкие фракции подвергаются амальгамации с целью улавливания плавучего тонкого золота. Концентрат-шлих, полученный промывкой на бутаре, доводится на лотке; при этом хвосты доводки также амальгамируются после отсадки. Галечная крупная фракция просушивается, разделяется по классам крупности и каждый класс дробится и обрабатывается подобно рудным пробам. От каждого класса берется средняя проба на пробирный анализ. Пробирному анализу подвергаются также хвосты амальгамации. Таким образом выясняется распределение золота по фракциям крупности материала и его поведение при отмывке песков для установления производственной технологической схемы их переработки. Вторая задача технологических испытаний песков состоит в выявлении попутных полезных компонентов и их распределения по фракциям пробы. Она решается минералогическим изучением шлихов на всех стадиях исследования технологической пробы песков.

Технологические испытания ископаемых углей ведутся по двум видам проб: пластово-дифференциальным, характеризующим качество угля в каждом пласте мощностью 0,5—1,0 м (до 2—3 м), и пластово-промышленной, которая характеризует качество угля по всей совокупности угольных слоев и прослоев пустых пород в пределах угленосной пачки, вынимаемой целиком при отработке месторождения. Уголь после отбора пробы должен анализироваться немедленно во избежание окисления и соответственного изменения его свойств. Основными показателями качества угля в условиях лабораторного анализа материала пробы являются: содержание влаги на рабочее топливо и аналитической влаги, содержание золы на абсолютно сухое вещество, содержание серы на абсолютно сухое вещество, выход летучих на горючую массу угля, теплота сгорания на горючую массу и низшая теплота сгорания на рабочее топливо. Кроме того, для коксующихся углей выясняется выход кокса. Данные по дифференциальным и промышленной пробам на каждом участке месторождения позволяют решать вопросы селективной добычи угля и наиболее рационального его использования.

Технологические испытания пробы асбестовой руды направлены на установление ее сортов и рациональной схемы переработки. В лаборатории проба последовательно дробится до крупности 20, 6, 3 и 1,5 мм. После каждого дробления производится механическое грохочение материала. При этом асбестовое волокно, как более легкое, сосредоточивается на поверхности фракции в каждом сите и оно снимается волосяной щеткой для дальнейшей обработки и технических испытаний. Сортность асбестового волокна определяется на специальном просеивающем аппарате, состоящем из четырех секций

с ситами размером 0,7; 0,4 и 0,25 мм. Сорт асбеста определяется по преобладающему количеству крупного или мелкого волокна и результатам технических испытаний этого волокна. Кроме того, описанное испытание рядовой пробы асбестовой руды дает возможность установить технологию ее переработки в производственном масштабе.

Пробы для технологических испытаний слюдоносных пегматитов берутся большие и прежде всего подвергаются рудоразборке. При этом отбираются куски пробы, содержащие кристаллы мусковита площадью более 4 см<sup>2</sup>. Отобранный забойный сырец взвешивается и измеряется объем слюдоносного пегматита по выработке, где отбита минеральная масса пробы. Так определяется содержание забойного сырца мусковита в килограммах на 1 м<sup>3</sup> слюдоносного пегматита. Определения промышленного сырца и колотой слюды производятся в специализированных лабораториях. В итоге определяется качественный показатель слюдоносного пегматита, имеющий размерность  $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}^2}{\text{м}^3}$ . Качество самой слюды в процессе технологических исследова-

ний пробы слюдоносных пегматитов выясняется в результате соответствующих технических испытаний. Слюдяные пегматиты в ряде случаев содержат высококачественное керамическое сырье. Поэтому одновременно с исследованиями пегматита на слюду должны производиться и исследования на керамическое сырье и выяснение возможного технологического режима разделения слюды и полевого шпата.

#### 4. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ БЕЗ ОТБОРА ПРОБ

По некоторым признакам возможно определение качества полезного ископаемого на месте его залегания без отбора пробы и последующих операций ее обработки и испытаний. Среди методов определения качества полезного ископаемого без отбора проб различаются геолого-минералогические и геофизические.

Геолого-минералогические методы определения качества полезного ископаемого довольно разнообразны. Так, при крупных выделениях рудного минерала, хорошо различимых в обнажении, производится обмер кристаллов и определение их относительного содержания по занимаемой площади в обнажении. Такой способ применим при определении содержания берилла в пегматитах или асбеста в серпентинитах. Хорошим вспомогательным средством при визуальном определении качества шеелитовых, цирконовых и радиоактивных руд может послужить люминескоп. С его помощью можно довольно точно определить количественные соотношения люминесцирующих полезных минералов и всей рудной массы в забое, в керне или в отбитой руде. Таким образом довольно точно определяется содержание полезных компонентов в руде. Полевое определение качества пьезооптических минералов выполняется по системе внешних признаков, по пробным сколам, прозрачности, по рисунку травления поверхности. Все эти и другие ме-

тоды прямых визуальных наблюдений и измерений минеральных выделений в натуре являются собственно минералогическими способами определения качества полезного ископаемого, а в случае применения микроскопа для этих целей называются оптико-минералогическими. Но последние следует относить уже к лабораторным методикам. Кроме минералогических способов с прямыми наблюдениями и измерениями разработаны некоторые способы косвенных определений содержаний полезных компонентов по минералогическим наблюдениям в обнажениях при поисках и разведках месторождений. Таковы описываемые ниже способы, основанные на минералогических аналогиях, предложенные для колчеданных и некоторых других месторождений Урала.

Определение качества по типам руд основано на закономерной зависимости содержаний полезных компонентов руд и вредных примесей от минерального состава этих руд. Почти на каждом месторождении можно выделить несколько типов руды, отличающихся минеральным составом или количеством полезного минерала — от сплошных его скоплений в массивных текстурах до редких вкрапленников. Такие природные типы руды легко различаются в обнажениях при разведке. Поскольку каждому типу руды свойственно достаточно устойчивое содержание полезного компонента, то появляется возможность определять это содержание визуально, без отбора проб всюду, где обнажается тот или другой тип руды.

Для практического применения данного способа определения содержаний полезного компонента по типам руд устанавливаются эталонные значения типа как по минеральному комплексу в типичных штуфах, так и по содержанию металлов в эталонных пробах; последних должно быть 30—50 штук с соответствующими зарисовками мест взятия проб — по ним выводится среднее содержание полезных компонентов и вредных примесей по типу руды. Одновременно выясняется средний объемный вес руды данного типа.

В производственных условиях определения качества полезного ископаемого — сорта угля, асбеста, содержания металла и др. — осуществляются на основании подробной геологической зарисовки обнажения, подлежащего качественной оценке. На этой зарисовке ограничиваются разные типы полезного ископаемого (рис. 107) и вычисляются площади каждого типа. Выявленные таким образом площади распространения типа полезного ископаемого служат затем для подсчетов его объемов и запасов, а по эталонным содержаниям для каждого типа может быть подсчитано среднее содержание металла по зарисовке для всего обнажения — средневзвешенное по площадям распространения типов:

$$c_{\text{ср}} = \frac{c_1 S_1 + c_2 S_2 + \dots + c_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (26)$$

где  $c$  — средние содержания полезного компонента по типам руды;  
 $S$  — площади распространения типов руды на обнажении (по зарисовке).

Определение качества по типам разрезов становится возможным благодаря зависимости содержаний полезных компонентов в руде или иных качественных показателей полезного ископаемого (зольности угля, размеров пластин слюды и т. п.) от строения залежи полезного ископаемого по мощности. На месторождениях уплощенной формы — пластовых, пластообразных, линзообразных — обычно расположение разновидностей полезного ископаемого или его чередование с пустыми прослоями пород прослеживается довольно устойчиво на значительных интервалах таких залежей по их простиранию или падению. Поэтому при разведке месторождений названных морфологических видов многие разведочные

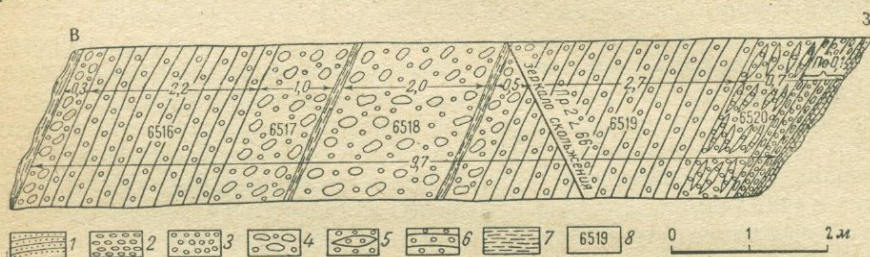


Рис. 107. Зарисовка забоя блока 18 западной жилы Карабашского колчеданного месторождения по типам руд [16]

1 — пиритизированные кварц-серцитовые сланцы; 2 — сланцеватые серноколчеданные руды (I тип); 3 — массивные среднезернистые и равномернозернистые руды (II тип); 4 — массивные порфиридные серноколчеданные руды (III тип); 5 — мелкополосчатые неравномернозернистые медьсодержащие руды (IV тип); 6 — полосчатые медьсодержащие руды, обогащенные халькопиритом и сфалеритом (V тип); 7 — кварц-серцитовые сланцы; 8 — номер рядовой пробы

пересечения оказываются однотипными по своему строению и качеству полезного ископаемого. Ввиду этого можно достаточно точно определять качество полезного ископаемого по аналогии между разведочными пересечениями, без отбора проб руды в каждом из однотипных пересечений.

Практически этот метод определения качества полезного ископаемого осуществляется путем тщательной геологической документации разведочных пересечений и установления эталонных значений качества по химическим анализам проб нескольких типичных пересечений. Затем каждое новое разведочное пересечение сравнивается с эталонами на основании геологической документации и относится к тому или иному типу разреза. Содержания полезных компонентов в этих новых пересечениях определяются по аналогии, как и другие показатели качества полезного ископаемого, свойственные эталонным значениям. Рекомендуется делать контрольные анализы по каждому типу разрезов через пятое или десятое разведочное пересечение ввиду возможных колебаний качественных показателей внутри одного и того же типа.

Определение качества методом корреляции и основано на закономерных минералогических и геохимических

связях компонентов полезного ископаемого. Если такие связи выражаются в прямой или обратной корреляционной зависимости, то возможно определение одного компонента в зависимости от содержания другого. Так же можно выявлять распределение компонента по минеральным видам, если установлена корреляционная связь между последними. Все эти определения качества полезного ископаемого без отбора проб требуют предварительных исследований с целью выявления корреляционных зависимостей. Для этого по каждому природному типу полезного ископаемого должно быть отобрано 20—30 рядовых разведочных проб, равномерно распределенных в пределах объекта разведки. В отобранных пробах точными методами производятся анализы всех полезных и вредных компонентов и выясняются связи между их содержаниями в каждой пробе. При этом редкие и рассеянные элементы изучаются в мономинеральных пробах и их содержания определяются в каждом минеральном виде. Наличие корреляционной связи и «теснота» этой связи могут быть установлены как вычислением, так и графически.

Если коэффициент корреляции установлен надежно и его значение больше 0,5, т. е. имеется довольно тесная корреляционная зависимость между двумя компонентами руды, то можно вычислить уравнение регрессии, которое позволит рассчитать содержание сопутствующего элемента по содержанию главного:

$$y = ax + b, \quad (27)$$

где  $y$  — содержание элемента-спутника, вычисляемое без анализа, %;  
 $x$  — содержание главного элемента, определенное аналитически, %;

$a$  — отношение содержания в руде элемента-спутника к содержанию главного элемента, установленное предшествующими исследованиями;

$b$  — содержание элемента-спутника в руде при нулевом содержании главного элемента, %.

Кроме того, предложены и другие методы с использованием статистических соотношений для определения качественных показателей полезных ископаемых, как, например, определение качества по эмпирическим кривым. Все они позволяют значительно экономнее вести производственные работы, связанные с определением качества полезных ископаемых при разведке. Вместе с тем для их эффективного и надежного осуществления требуются тщательные предварительные исследования типичных по качеству разновидностей полезного ископаемого в пределах объекта разведки.

Геофизические методы определения качества полезного ископаемого, в частности определения содержаний полезных компонентов в рудах, основываются на закономерных связях определенных физических свойств полезного ископаемого с его качеством. Они выполняются при каротаже буровых скважин и в разведочных горных выработках с помощью специальных приборов. Техник-геолог должен уметь выполнить простейшие геофизические измерения при разведке,

когда их объем невелик и нет необходимости прибегать к помощи специализированной геофизической организации.

Метод естественной радиоактивности широко применяется при разведке месторождений радиоактивных элементов для определения содержания их в целике или в отбитой рудной массе. Для однокомпонентных урановых или ториевых руд он является основным средством массового определения качества полезного ископаемого.

Радиометрическое «опробование» естественных или искусственных обнажений в горных выработках осуществляется радиометрами направленного приема или обычными радиометрами с применением экранов, которые позволяют измерить излучение исследуемого объекта. Экран частично поглощает это излучение и защищает измерительный прибор от посторонних излучений окружающих горных пород или от отраженного излучения в тесном пространстве подземной горной выработки<sup>1</sup>. На точке наблюдения производятся два измерения: первое без экрана ( $I_1$ ) и второе с экраном ( $I_2$ ). Показания радиометра выражаются в условных единицах, соответствующих микрорентгенам в час. Пункты радиометрических измерений располагаются линейно, подобно расположению борздовых проб. Гильза радиометра может располагаться вдоль линии опробования или перпендикулярно к ней. В первом случае измерения получаются подобные узкой борздовой пробе, во втором — широкой борзде. Расстояния между точками вдоль линии радиометрических измерений принимаются около 10 см.

Обработка результатов измерений производится в следующем порядке: показания радиометра переводятся по графику эталонирования в микрорентгены в час; по каждой линии измерений вычисляется средняя интенсивность гамма-излучения с экраном и без экрана ( $I_1 - I_2$ ). Среднее содержание урана по результатам измерения радиоактивности вычисляется по выражению

$$c_{cp} = B (I_1 - I_2)_{cp}, \quad (28)$$

где  $B$  — коэффициент, учитывающий особенности экрана; он является величиной постоянной для определенного экрана и типа счетчика.

Шпуровое радиометрическое «опробование» производится при помощи специальных радиометров, снабженных тонкой гильзой с гамма-датчиком внутри. Для защиты от устьевых смешанных излучений измерения следует начинать на глубине 20 см от устья шпура и производить через каждые 20—40 см по его глубине. Содержание урана в шпуре определяется по формуле

$$c = K_{ш} \cdot I_{cp}, \quad (29)$$

<sup>1</sup> Имеется в виду цилиндрический экран со щелью, хотя возможно применение и плоского экрана.

где  $K_{ш}$  — коэффициент шпура, определяемый экспериментально для месторождения или его части; он характеризует отношение содержания урана (в %) к интенсивности  $\gamma$ -излучения в шпуре (в мкр/ч).

Гамма-каротаж буровых скважин служит преимущественно для определения содержания радиоактивного вещества по разведочному пересечению. В результате радиометрических измерений каротажной станцией (ДРСТ-1, РСМ) по оси скважины устанавливаются участки повышенного радиоактивного излучения. Среди них могут оказаться интервалы с промышленным содержанием урана или другого радиоактивного элемента. Автоматический каротажный прибор вычерчивает график-диаграмму измеренной активности вдоль оси скважины (рис. 108). Этот график на участке скважины, где предполагается промышленная концентрация урана, позволяет вычислить его среднее содержание по формуле

$$c_{ср} = \frac{S}{m \cdot K} 100, \quad (30)$$

где  $S$  — площадь, ограниченная контуром аномального участка графика-диаграммы, см  $\cdot$  мкр/ч;

$m$  — мощность промышленного ураноносного интервала по оси скважины, см;

$K$  — коэффициент, характеризующий отношение содержания урана (в %) к измеренному в скважине

$\gamma$ -излучению  $\left(\frac{\text{мкр/ч}}{\%}\right)$ .

При этом основная трудность заключается в определении коэффициента  $K$  и мощности промышленного ураноносного интервала, значение которой зависит от характера и ориентировки контактов и общей мощности радиоактивного пласта.

Метод искусственной радиоактивности, разработанный на медноколчеданных месторождениях, может применяться и на месторождениях других полезных ископаемых. Он основан на зависимости между содержанием некоторого компонента руды и интенсивностью излучения его искусственного изотопа, образующегося под воздействием источника нейтронов.

Измерения проводятся каротажной станцией, способной регистрировать электрические и радиоактивные поля. Операции производятся в следующем порядке. Вначале определяется рудный интервал по оси скважины по кривой электрометрии (ПС); затем в каждой из точек, подлежащих измерениям радиоактивности, определяется натуральный фон радиоактивности. И тогда каротажный снаряд

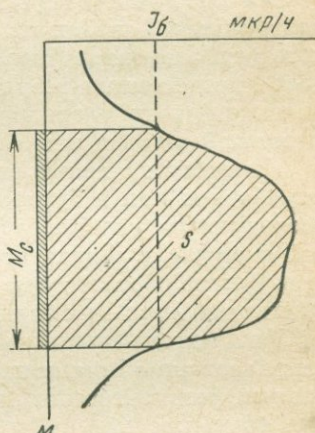


Рис. 108. Схема определения стволовой мощности ураноносной залежи ( $M_c$ ) и среднего содержания урана по скважине с помощью гамма-каротажа

$I_\sigma$  — значение интенсивности гамма-излучения, соответствующее нижнему (бортовому) пределу содержания урана в руде

поднимается на поверхность, к нему крепится приставка с источником нейтронов и снаряд снова спускается на глубину нахождения рудного интервала для так называемой активации стенок скважины на этом рудном интервале, продолжающейся 1,5—2 ч на каждой точке активации. Через 40—50 мин по снятии облучения короткоживущие изотопы распадаются и в массиве руды остается наведенный эффект радиоактивности, связанный с долгоживущими изотопами, такими, как марганцевые, медные и др. Точность определения содержания меди этим методом 10—15%.

Гамма-нейтронный метод, называемый еще фотонейтронным, основан на реакции отщепления нейтронов от ядер некоторых элементов гамма-квантами (фотонейтронный эффект). Он дает определенные результаты при изучении бериллиевых руд, поскольку фотонейтронный эффект у ядер бериллия протекает при наименьшей затрате энергии.

Измерения с целью определения содержания бериллия в горных выработках или в буровых скважинах производится при облучении исследуемого участка рудного интервала гамма-лучами определенной энергии, в результате которого отщепляются нейтроны, регистрируемые соответствующими приборами. Количество нейтронов зависит от содержания бериллия в руде.

Для фотонейтронного каротажа буровых скважин может быть использована обычная каротажная станция, если ее снабдить специальным фотонейтронным снарядом. Определение содержания бериллия возможно при очень медленном движении каротажного снаряда (не более 20 м/ч). Измерения в горных выработках выполняются путем профилирования забоев или стенок выработок. Метод позволяет установить содержание бериллия от 0,01% и выше. Погрешности определения установлены в пределах 15—25%.

Гамма-гамма-метод определения содержания в рудах элементов с высоким номером базируется на эффекте поглощения «мягких» гамма-лучей атомами тяжелых элементов, таких, как сурьма, свинец, барий, ртуть и др. Источником «мягкого» излучения являются радиоактивные изотопы: ртуть-203, селен-75, цезий-137. Сущность метода заключается в облучении руды и регистрации рассеянного гамма-излучения.

Измерительной аппаратурой являются радиометры с разрядными и сцинтилляционными счетчиками. Снаряд, опускаемый в скважину или шпур, должен плотно прилегать к стенке скважины, для чего он снабжен пружиной. Для измерения по стенке выработки или по навалу отбитой руды применяется специальная приставка «утюг».

Наилучшие результаты дает опробование мономинеральных руд. На Кадамджайском сурьмяном месторождении исследования показали, что точность определения гамма-гамма-методом при содержаниях металла в руде от 0,5% и выше одинакова с химическими анализами и находится в пределах 9—15%. Гамма-гамма-метод характеризуется высокой производительностью.

## 5. ДОКУМЕНТАЦИЯ ОПРОБОВАНИЯ

На каждом предприятии или в геологоразведочной организации, занятой разведкой месторождений полезных ископаемых, составляются проектные чертежи для проведения отдельных разведочных горных выработок или буровых скважин; на отработываемых участках имеются проектные планы и разрезы намечаемых эксплуатационных выработок соответственно принятой системе отработки. Все эти графические материалы являются исходными данными для планирования работ по опробованию месторождения как в период его разведки, так и в процессе отработки. Исходя из кварталальных и месячных планов проходки разведочных, подготовительных и очистных выработок и с учетом проектных предположений о пересечениях тел полезных ископаемых устанавливаются объемы необходимых работ по опробованию (или определению качества полезного ископаемого без отбора проб), подготавливаются требуемые инструменты и аппаратура, даются заявки в лаборатории на производство тех или иных испытаний, укомплектовывается персонал пробщиков, коллекторов, техников-геологов для непосредственного и вполне квалифицированного выполнения работ по опробованию. Таким образом, первыми исходными документами для организации опробования является проект разведки или отработки месторождения и кварталальные и месячные планы проведения проектируемых работ.

Документация при взятии проб взаимосвязана с геологической документацией разведочных и эксплуатационных выработок. Поэтому эти работы следует проводить там, где это возможно, одновременно.

Журнал опробования является основным первичным документом по каждому объекту разведки — месторождению или части крупного месторождения. На эксплуатационных участках ведутся свои журналы опробования. Форма журнала может быть различной для разных месторождений полезных ископаемых или различных эксплуатационных участков. Однако каждый журнал должен содержать следующие сведения: дату взятия пробы и ее номер, точное место взятия пробы, метод взятия пробы с характеристикой ее размеров, начальный и конечный ее веса, описание минерального состава пробы, фамилию взявшего пробу. Кроме того, в журнале помещаются зарисовки мест отбора проб в горных выработках — при однообразном залегании и характере тела полезного ископаемого зарисовки выполняются для группы однотипных проб; в журнале опробования предусматривается также место (графы) для занесения результатов анализа проб после получения их из лаборатории. При определении качества полезного ископаемого без отбора проб результаты определений заносятся после соответствующей обработки геолого-минералогических или геофизических измерений и наблюдений. Зарисовки в разведочных выработках, выполняемые в полевой книжке, должны переноситься в журнал в тот же день во избежание путаницы мест зарисовок и для наилучшего чистового их выполнения пока свежи впечатления. Масштабы зарисовок забоев и



на анализы, начальный и конечный веса проб. Единичные пробы специального назначения — технологические, контрольные и т. п. — в процессе обработки подвергаются более полному учету по каждой стадии обработки, начиная от просушивания, объединения каждого

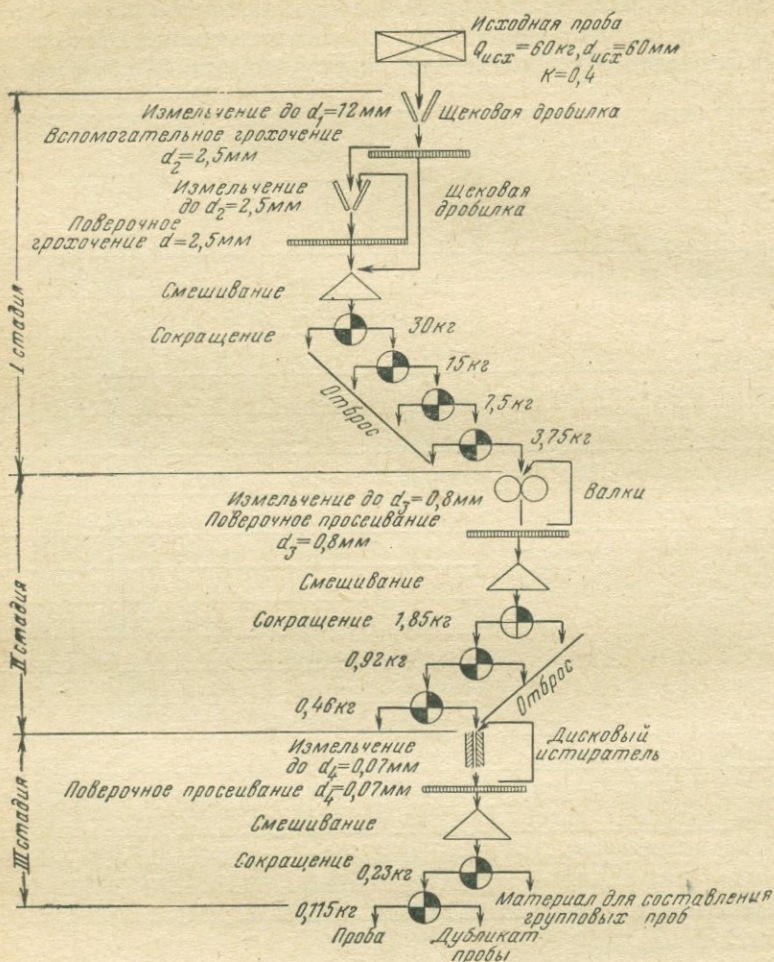


Рис. 110. Схема обработки проб редкометаллических руд

дробления, промежуточных сокращений и кончая последней операцией разделения пробы на лабораторную и дубликат с присвоением им обозначений.

После обработки материал пробы, направляемый в лабораторию и в дубликатное хранение, тщательно упаковывается, этикируется и направляется по назначению. При этом в аналитическую лабораторию передается сопроводительная выписка из журнала обработки

проб, в которой указываются номера проб, название объекта опробования, требуемые испытания (анализы) по каждой пробе.

Документация испытаний проб ведется в соответствующих специализированных лабораториях и здесь не рассматривается. В геолого-разведочную организацию поступают лишь результаты анализов и

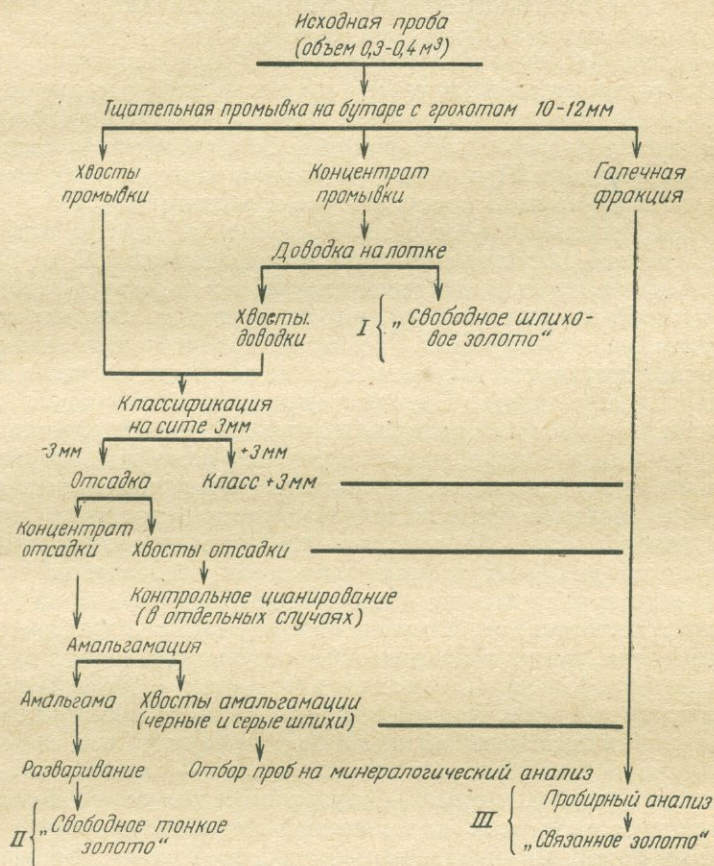


Рис. 111. Схема технологической обработки пробы золотосодержащих песков

других испытаний проб. Эти результаты излагаются в официальных письмах с приложением списков проб и данных анализа по каждой пробе или в виде актов об испытаниях единичных, например технологических, проб. Официальные документы о результатах анализов и испытаний являются первичными и строго хранятся в геолого-разведочной организации.

Для практического пользования данными опробования при подсчетах запасов полезного ископаемого, при его добыче или при научных исследованиях результаты анализов и испытаний заносятся в

журналы опробования, на колонки буровых скважин и другие графические материалы. Обычно в производственных условиях пользуются этими журналами и к первичным документам из лаборатории обращаются редко, лишь тогда, когда возникает необходимость проверить правильность записей, сделанных в журналах.

**Сводная документация опробования** представляет собой изложение на графических материалах результатов опробования. Это обычно геолого-маркшейдерские планы и разрезы, освобожденные от большей части геологической нагрузки, не относящейся прямо к характеристике тел полезных ископаемых. Масштаб сводной геологической документации зависит от размеров объектов разведки и стадии изучения месторождения. При предварительной разведке сводные планы опробования и разрезы составляются в масштабах от 1 : 2000 до 1 : 500, при детальной — от 1 : 1000 до 1 : 200, иногда для малых объектов сводная документация выполняется в масштабе 1 : 100.

На планы и разрезы наносятся контуры тел полезных ископаемых и некоторых вмещающих горных пород, существенные для понимания структуры месторождения. Разведочные, подготовительные и очистные горные выработки показываются на планах и разрезах в своих сечениях или проекциях. Буровые скважины в плоскости разреза или вблизи нее наносятся сплошной линией и лишь те скважины, которые существенно отклонены от плоскости разреза, изображаются в проекции на эту плоскость. Скважины, пересекающие плоскость разреза, обычно показываются на нем в пунктах пересечения тела полезного ископаемого. Это основное графическое содержание сводных чертежей для составления планов опробования и разрезов. В некоторых случаях бывает целесообразно показывать на разрезах и уровень грунтовых вод, нижнюю границу коры выветривания или зоны окисления, линии тектонических нарушений.

Данные опробования на планах и разрезах изображаются соответствующими цифрами. Над знаками шурфа или скважины на плане опробования ставятся их номера, под ними глубина подсечения тела полезного ископаемого в метрах, слева — вертикальная мощность тела в метрах, справа — содержание полезного компонента (иногда двух) в процентах (для россыпей в граммах на тонну или на кубический метр). На планы выработок, пройденных по простиранию тела полезного ископаемого, — штреков, штолен — наносятся пробы поперечными линиями. По одну сторону выработки ставится номер пробы, по другую — опробованная мощность и содержание полезного компонента или другой качественный показатель. При большом числе анализируемых компонентов или других качественных показателей по каждой пробе или при обилии проб по выработке в местах разведочных пересечений ставятся только номера проб; мощности же тела полезного ископаемого и данные анализа проб в таких случаях выносятся в отдельную табличку на свободном поле чертежа. Данные опробования очистных горных выработок вносятся на карточки-паспорта блоков или других эксплуатационных участков.

В некоторых случаях на основании данных опробования желательно составлять чертежи изолиний мощностей и содержаний полезного компонента (см. рис. 81, 82). Подобные планы, отражающие морфологические особенности залежей и распределение в них полезных компонентов, важны для решения задач эксплуатации месторождения.

## 6. КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ОПРОБОВАНИЯ

Надежность результатов опробования зависит от способов взятия, обработки проб и методики их анализа (испытания). Разумеется, проба должна быть представительной и поэтому решающим условием надежности данных опробования является правильный выбор места и способа отбора пробы. Но большое значение имеет и аккуратность в обработке материала пробы при подготовке его к анализам (испытаниям) и в проведении самих анализов. Однако во всех случаях в процессе опробования могут возникать и возникают более или менее значительные погрешности, зависящие от многих причин.

Контроль опробования сводится к выяснению и оценке расхождений между основными и контрольными данными анализов (испытаний). Погрешности разведочного опробования подразделяются на случайные и систематические. Величина и знак случайной погрешности могут быть различными, появление их равновероятно. Например, при взвешивании проб одни могут оказаться с малым недовесом, а другие с избытком в силу случайности. Чем больше число исследуемых проб, тем меньше суммарная случайная погрешность этой совокупности проб, так как отрицательные и положительные отклонения взаимно компенсируются, а результирующая случайная погрешность является алгебраической суммой погрешностей всех проб. Систематические погрешности опробования возникают под воздействием постоянных причин, например в результате разубоживания пробы при ее отборе или вследствие применения методики анализа, постоянно завышающей или занижающей содержание компонента против его фактического содержания в пробе.

**Контроль отбора проб** является наиболее трудной задачей, так как ни одна из проб, отбираемых в разведочных горных выработках или в буровых скважинах, неповторима. В телах полезных ископаемых, сравнительно однородных с невысокой степенью изменчивости содержаний полезных компонентов, соседние пробы похожи друг на друга и поэтому в этих случаях применимо повторное взятие таких же или других более надежных проб рядом с ранее отобранной, контролируемой пробой. Так, вдоль скважины проходится шурф с целью контроля пробоотбора; по нему отбираются контрольные пробы в тех же интервалах, в которых были взяты пробы по скважине, бороздовые по стенкам шурфа или валовые на всю массу вынутой руды с каждого интервала. В горных выработках, вскрывающих полезное ископаемое, контрольные пробы могут быть взяты тем же способом, что и контролируемые, например бороздовым; при этом борозды должны располагаться наложением одна на другую или рядом. В других

случаях бывает целесообразным контролировать отдельную бороздovou пробу задирковой, покрывающей площадь влияния контролируемой бороздовой пробы. Однако как только контролю подвергаются весьма изменчивые неоднородные тела полезных ископаемых, то сравнения единичных пар проб теряют смысл, так как каждая контрольная проба заведомо не будет соответствовать контролируемой. Тогда возможен лишь групповой контроль нескольких проб на некотором участке также несколькими новыми пробами на этом же участке. Такое контрольное опробование бывает целесообразным по участку распространения определенного природного типа или промышленного сорта полезного ископаемого. В случае группового контрольного опробования безразлично расположение контрольных проб относительно контролируемых; важно лишь то, чтобы первые были расположены равномерно по всему объекту контроля и достаточно представительными как по своему расположению, так и по числу. Рекомендуется следующее число контрольных проб в зависимости от типа руд (по В. М. Крейтеру):

для равномерных по распределению компонентов	15—20
» неравномерных »	» 35—40
» весьма неравномерных »	» 50—60

В общем случае для ориентировочных расчетов числа необходимых контрольных проб можно воспользоваться известным выражением вариационной статистики  $n = (tv_c/p_c)^2$ , в которое подставляется значение коэффициента вариации содержаний компонента ( $v_c$ ), определенное по всем пробам с контролируемого участка, и значение допустимой погрешности определений ( $p_c$ ) при доверительной вероятности ( $t$ ).

При отборе контрольных проб следует особенно внимательно относиться к требованиям взятия проб в различных природных условиях и учитывать влияние этих условий на представительность пробы. Основными причинами погрешностей взятия проб в горных выработках являются:

неравномерное выкрашивание частей рудного тела из-за различной твердости и вязкости при отбойке борозды или задиркового слоя;  
 разная мощность слоев и соответственно различное количество материала, попадающего в бороздovou пробу со стенки и с кровли выработки вследствие косога расположения пробной борозды относительно элементов залегания тела полезного ископаемого;

разная длина слоев (полос) рудного тела, попадающих в валовую или задирковую пробу при наклонном положении тела.

Причинами погрешностей пробоотбора из разведочных скважин могут быть:

избирательное истирание керна, вследствие чего он обедняется одними компонентами и обогащается другими;

засорение пробы вывалами из стенок скважины;

искажение состава шлама вследствие опускания тяжелых частиц в нижнюю часть к забою скважины;

запаздывание плама и мути в промывочной жидкости.

При отборе контрольных проб нужно по возможности устранять вышеуказанные причины погрешностей пробоотбора путем тщательных замеров и предупреждения нарушений представительности отбираемого материала. Поэтому в ряде случаев в качестве контрольных должны избираться те способы, которые свободны в данных природных условиях от таких нарушений представительности.

Контрольные и контролируемые пробы должны отбираться с небольшим разрывом во времени, а в некоторых случаях одновременно, так как те и другие могут оказаться несопоставимыми вследствие окисления, вымывания водами или выкрашивания полезного ископаемого. Обработка контрольных и контролируемых проб должна производиться по одинаковой схеме, если размеры тех и других проб позволяют это. Желательно также, чтобы основные и контрольные пробы анализировались при одинаковых условиях: одним и тем же методом, в одной и той же лаборатории и тем же аналитиком.

Чтобы осуществить контроль пробоотбора с достаточной степенью надежности, должны быть проконтролированы также процессы обработки и анализов проб, особенно, если последние производились со значительным разрывом во времени после отбора проб. Способы контроля обработки и анализов проб излагаются ниже.

**Контроль обработки проб** необходим периодический вследствие того, что в процессе сокращения, перемешивания или просеивания возможны систематические погрешности разделения материала пробы вследствие избирательных потерь наиболее тяжелых или, напротив, наиболее легких частиц. Однако в большинстве случаев процесс обработки проб полезных ископаемых не несет систематической ошибки, а случайные погрешности, если они не влекут крупных нарушений процесса — недоизмельчения материала или неверного разделения пробы и т. п., — взаимно компенсируют друг друга при повторении операций обработки и результирующая случайной погрешности оказывается невелика.

Контроль обработки проб обычно производится путем параллельной обработки и последующих анализов как материала самой пробы, отделяемого при сокращении, так и отбросов, которые образуются при сокращении пробы. Таким образом анализируется весь материал пробы по частям, полученным при ее сокращении. Сравнение результатов анализов частей пробы попарно в каждой стадии обработки пробы показывает, насколько равномерно распределяется полезный компонент между двумя половинами пробы — сокращаемой и отбираемой на испытание. Разумеется, что все части пробы должны анализироваться одинаковым методом, одновременно и по возможности одним и тем же лицом. Способы контроля анализов изложены в следующем разделе настоящей главы.

Для суждения о качестве обработки проб в данной лаборатории следует иметь материалы контроля обработки 30—40 проб одного и того же полезного ископаемого, которые могут быть получены не одновременно, а на протяжении небольшого периода (2—3 месяцев).

Если результаты контроля обработки проб показывают отсутствие систематической погрешности в отношении содержания компонентов в разных частях обрабатываемых проб, а величина случайной погрешности не выходит за пределы первых процентов, то принятый способ и схема обработки проб удовлетворительны. В противном случае должен быть изменен процесс обработки или заменено непригодное оборудование.

**Контроль химических анализов** проб осуществляется двумя путями: внутренним контролем и внешним контролем. Внутренний контроль проводится с целью выявления случайных погрешностей в работе лаборатории, постоянно обслуживающей разведочные работы на данном месторождении. Он производится посредством повторного анализа материала проб, зашифрованных под другими номерами. Этот материал отбирается из остатка или дубликата ранее анализировавшейся пробы для сравнения результатов того и другого анализов<sup>1</sup>. Рекомендуется для каждой стадии разведки регулярно выполнять не менее 15—20 контрольных анализов проб каждого типа или сорта полезного ископаемого. Внешний контроль предназначается для выявления систематической ошибки в работе лаборатории при помощи другой, как правило, более высокого класса лаборатории. На внешний контроль снова отделяется по правилам квартования материал из остатка или дубликата пробы. Следует подвергать внешнему контролю те пробы, которые давались на внутренний контроль для сопоставления всех трех определений по каждой пробе, но не исключено направление на внешний контроль и других проб, не подвергавшихся контролю внутреннему. На внешний контроль следует направлять не менее 20 проб каждого типа или сорта полезного ископаемого. При этом указываются минеральный состав и примерное содержание полезных компонентов в пробах, но не сообщаются точные данные анализов местной лаборатории.

При определениях качества полезного ископаемого на месте его залегания без отбора проб данные геолого-минералогических или геофизических измерений должны контролироваться достаточно надежными методами с лабораторными химическими или минералогическими анализами. Обычно контролю с химическими анализами проб от общего числа измерений подвергается 10—20%.

Заключительным звеном контроля анализов разведочных проб является сопоставление результатов основных анализов (испытаний) с результатами анализов внутреннего и внешнего контроля, предпочтительно по одним и тем же пробам. Такое сопоставление может быть сделано простым сравнением основных и контрольных анализов, в результате чего выясняются максимальные и средние размеры отклонений со знаком плюс или минус. Величины отклонений дают представление о погрешности анализов; преобладание определенного

---

<sup>1</sup> Порядок контроля и необходимое число контрольных проб для различных месторождений устанавливается инструкциями ГКЗ.

знака отклонений указывает на наличие систематической ошибки в работе контролируемой лаборатории. Более строгое определение случайных и систематических погрешностей возможно с помощью вариационной статистики. Пример простого сопоставления результатов основных и контрольных анализов приводится в табл. 22 (по А. П. Прокофьеву).

Таблица 22

Сопоставление результатов основных и контрольных анализов

Содержание металла, %		Величина отклонения	Содержание металла, %		Величина отклонения
по основным анализам	по контрольным анализам		по основным анализам	по контрольным анализам	
2,15	2,51	+0,36	2,42	2,64	+0,22
2,48	1,98	-0,50	4,01	3,96	-0,06
1,95	2,45	+0,20	2,09	2,22	+0,13
3,41	2,41	-1,00	2,47	2,23	-0,24
2,01	2,06	+0,05	3,81	3,56	-0,25
3,14	2,98	-0,16	4,12	4,01	-0,11
3,85	3,99	+0,14	3,56	3,21	-0,35
2,12	1,90	-0,22	2,87	3,12	+0,25
1,98	2,16	+0,18	2,35	2,96	+0,61
2,16	1,89	-0,27	2,71	2,98	+0,27
2,55	2,75	+0,20	3,83	3,41	-0,42
2,69	3,96	+1,27	4,31	4,18	-0,13
1,99	2,18	+0,19	2,75	3,28	+0,53
2,49	2,21	-0,28	1,98	2,08	+0,10
3,51	2,98	-0,53	1,89	2,09	+0,20
3,72	3,51	-0,21	3,21	3,02	-0,19
3,90	3,71	-0,19			
3,44	2,99	-0,45			
2,86	3,15	+0,29			
			Итого 100,78	100,41	10,75

Погрешность случайную следует определять для каждого полезного компонента руды по классам содержаний последнего соответственно установленным классам для подсчетов запасов полезных ископаемых разных сортов. В табл. 23 приведены допустимые средние случайные погрешности химических анализов некоторых элементов для руд черных и цветных металлов. Подобные перечни допустимых погрешностей имеются и для других полезных ископаемых.

По получении анализов внешнего контроля и сравнения их с данными контролируемой лаборатории выясняется наличие или отсутствие систематической погрешности в работе последней. Явное преобладание одного знака отклонений дает основание утверждать, что имеется систематическая ошибка. В этом случае можно установить поправочный коэффициент к результатам анализов соответствующей группы проб. Он определяется как отношение среднего содержания компонентов по контрольным анализам ( $c_k$ ) к среднему содержанию по основным анализам ( $c_o$ )

$$K_a = \frac{c_k}{c_o} \quad (31)$$

Допустимые средние случайные погрешности  
анализа проб

Компоненты	Содержание компонентов в руде, %	Допустимая случайная погрешность определения содержания в пробе, %
Железо	Выше 30	1—2
	10—30	2—4
	5—10	4—8
Хром	Выше 10	1—3
	1—10	3—7
Марганец	Выше 5	2—4
	1—5	4—7
	0,05—1	7—20
Глинозем	Выше 20	2—4
	5—20	4—8
	1—5	8—20
Никель	1—5	3—7
	0,2—1	7—15
	До 0,2	15
Олово	Выше 1	3—5
	0,25—1	7—15
	0,05—0,25	15—30
Трехокись вольфрама	Выше 1	2—5
	0,25—1	5—10
	0,05—0,25	10—20
Ртуть	Выше 2	4—7
	0,25—2	7—15
	0,06—0,25	15—30
Сурьма	Выше 2	3—12
	0,5—2	12—20
	Выше 15	2—4
Свинец	6—15	3—6
	0,5—6	6—12
	До 0,5	12
Цинк	Выше 25	2—3
	10—25	3—6
	0,5—10	6—15
Медь	Выше 3	3—7
	0,5—3	7—10
	0,05—0,5	10—15
Мышьяк	Выше 2	1—5
	0,5—2	5—7
	До 0,5	10
Кобальт	Выше 0,5	2—6
	До 0,5	6
Золото	Выше 50 г/т	1—3
	20—50 г/т	3—5
	5—20 г/т	5—10
Серебро	Выше 100 г/т	1—3
	30—100 г/т	3—5
	10—30 г/т	5—12

Применять поправочный коэффициент следует не к каждой отдельной пробе, а к группе проб, характеризующих соответствующий участок объекта разведки (выработку, пласт, блок и т. д.). В ответственных случаях рекомендуется, прежде чем допускать применение поправочного коэффициента, повторное подтверждение данных внешнего контроля в арбитражной лаборатории.

## 7. ПОНЯТИЯ ОБ ОПРОБОВАНИИ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

**Отбор и анализ проб воды** производится как из естественных источников, так и из специальных гидрогеологических скважин или различных разведочных выработок. При гидрогеологической съемке и поисках из каждого водоносного горизонта или поверхностного водоема и водотока достаточно отобрать по одной пробе воды на полный анализ. В стадии предварительной разведки опробование ведется с расчетом освещения особенностей химического состава вод как по глубине, так и по площади объекта разведки. При детальных разведках отбор проб подчинен задачам более детальных гидрогеологических исследований и наблюдений за изменением качества вод во времени.

Изменение химического состава вод с глубиной выясняется путем периодического опробования глубоких скважин, пересекающих водоносные горизонты. Для опробования нижележащего горизонта верхние водоносные горизонты изолируются обсадными трубами. Перед отбором пробы должна быть проведена прокачка скважины, чтобы удалить из нее посторонние для опробуемого интервала жидкости и механическое загрязнение воды твердыми частицами.

В процессе опытных откачек из центральной скважины отбирается по одной пробе воды на полный химический анализ в конце каждого понижения. Из источников, намечаемых для питьевого водоснабжения, берутся пробы не только для химических, но и для бактериологических анализов.

Для отбора проб в скважинах применяются желонки или специальные пробоотборники и водоносы, предназначенные для взятия пробы воды с определенного интервала скважины. Для послойного опробования водоносного горизонта имеются фильтры специальной конструкции («промывочный», «шнековый»).

В источнике или при самоизливе воды из горной выработки или буровой скважины пробы отбираются непосредственно из струи воды. В фонтанирующей скважине проба может отбираться из струи воды через 1—2 ч после начала фонтанирования.

Для полного химического анализа должно быть взято 1,5—2 л воды; для сокращенного анализа достаточно 1 л. В сильно минерализованных водах объемы проб могут быть уменьшены вдвое — соответственно до 1 и 0,5 л. Для определения агрессивности воды отбирается 0,3—0,4 л. Пробы воды должны транспортироваться и храниться в стеклянных бутылках с плотно притертыми пробками. В некоторых случаях практикуется заливка пробок парафином или сургучом.

Качество подземных вод определяется количествами и соотношением содержащихся в них положительных и отрицательных ионов, содержанием недиссоциированных веществ, реакций кислотности (рН) и некоторыми другими показателями. Вода, предназначенная для питьевого водоснабжения, должна быть прозрачной, без запаха и не заражена болезнетворными микроорганизмами. Для централизованного питьевого водоснабжения сухой остаток воды не должен превышать 1000 мг/л, а общая жесткость воды — 20 нем. град.; содержания металлов не должны превышать (в мг/л): свинца 0,1; мышьяка 0,05; фтора 1,5; меди 3; цинка 5. Воды, используемые для орошения полей, анализируются с целью определения общего содержания растворимых солей и их состава, а также определяется температура воды. В результате анализов вычисляется так называемый ирригационный коэффициент. Он выражается высотой столба воды (в дюймах), который при испарении дает количество влаги, достаточное для того, чтобы почва стала вредной для большинства культурных растений до глубины 1,2 м. При опробовании термальных вод и минеральных источников кроме определения химического состава их измеряется температура у забоя скважины и на высоте излива, определяется содержание различных газов как на месте излива (сероводород, углекислота), так и в лаборатории при производстве полных химических и радиометрических исследований. Все названные и другие испытания проб выполняются в специализированных лабораториях.

**Отбор и анализ проб нефти** отличаются разнообразием. В начальный период поисково-разведочного процесса при встрече горных пород, которые по внешним признакам представляются пропитанными нефтью, берутся пробы на качественный анализ для подтверждения нефтеносности этих пород. В пробирку помещают 2—3 см<sup>3</sup> измельченной породы и заливают таким же количеством бензича. По окраске жидкости можно судить о степени насыщенности породы нефтью. Прокаливание образца нефтеносной породы в пламени паяльной трубки сопровождается выделением дыма с запахом жженой резины. В процессе разведки выявленного месторождения нефти отбор проб производится исключительно из буровых скважин.

При появлении нефти в скважине производится отбор пробы в зависимости от интенсивности нефтепроявления — вычерпыванием или наливом при фонтанировании. В скважинах ударного бурения пробы отбираются желонкой — не менее 2 л жидкости. В случае обильного выхода нефти от струи отбирается обычно 3 л.

В процессе разведочного бурения должно проводиться опробование по каждому интервалу скважины, пересекающему нефтеносный горизонт. На месте производства работ (на буровой вышке) определяется величина пластового и забойного давления, примерный состав жидкости по соотношению в ней нефти, воды и газа, удельный вес нефти. Все это вместе с отбором проб называется испытанием пласта или горизонта. Такие испытания могут проводиться сверху вниз и снизу вверх по скважине. В практике чаще применяется

испытание горизонтов снизу вверх. Для этого в скважину опускается колонна обсадных труб до забоя с цементированием затрубного пространства выше продуктивных горизонтов. Затем против очередного горизонта, намеченного к опробованию, простреливаются дыры и производится откачивание жидкости из скважины до тех пор, пока не пойдет нефть из данного пласта. После взятия проб нефти колонну заливают цементом до дыр и по затвердении последнего переходят к опробованию вышележащего горизонта. В последнее время применяются специальные снаряды различных конструкций, называемые «испытателями пластов».

Наиболее достоверные данные о качестве нефти получаются при пробной эксплуатации как из поисковых, так и из разведочных скважин. Длительность пробной эксплуатации от 1 до 6 месяцев. За это время периодически отбираются пробы нефти (через 5—10 дней).

Испытания проб нефти заключаются в ее элементарном анализе и фракционной (дробной) перегонке. Элементарный анализ выполняется общими методами органической химии; главными компонентами, подлежащими определению, являются водород, углерод, азот и сера. При элементарном анализе определяются также следующие показатели: удельный вес нефти при температуре 0 и 15,5 °С; вязкость нефти при 15,5 и 85 °С; температура вспышки и теплотворность при помощи калориметра. Последнюю можно вычислить ориентировочно по формуле Д. И. Менделеева

$$Q = 81C + 300H - 26(O - S_n), \text{ ккал/кг}, \quad (32)$$

где  $S_n$  — сера, участвующая в горении (сера летучая).

Технические свойства нефти в первом приближении устанавливаются путем дробной перегонки при двух температурных интервалах: от атмосферной в момент опыта до 150 °С и вторым нагревом выше 150 °С. В первой фракции возгоняются наиболее легкие продукты — нефть и газолин, во второй — накапливаются керосиновые и соляровые дистилляты. В остатке от перегонки находятся смазочные масла и парафин.

**Отбор и анализ проб газа** из естественного его выхода или разведочной скважины требуют некоторых простейших подготовительных операций. Каптаж газа из почвы осуществляется при помощи опрокинутой воронки, присыпанной землей (рис. 112). Газирующая скважина закрывается пробкой или колпаком с отверстиями для газотводной трубки. Существует несколько способов взятия пробы газа.

Способ вытеснения воды заключается в наполнении газом сосуда с водой, опрокинутого в резервуар также с водой

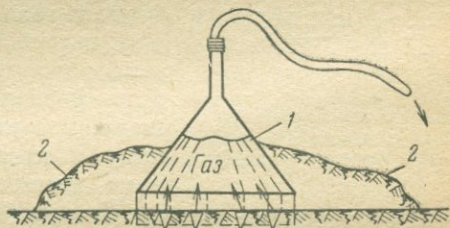


Рис. 112. Подготовка сухого естественного выхода газа для взятия пробы

1 — воронка металлическая; 2 — засыпка земляная

(рис. 113). Если давление газа под воронкой и в каучуковой трубке слишком мало, то приходится засасывать газ в бутылку путем подъема ее с таким расчетом, чтобы уровень воды в бутылке был как можно выше уровня воды в открытом сосуде, с которым бутылка сообщается горловиной.

Способ продувания газом представляет собой вытеснение воздуха из сосуда струей поступающей в него газовой пробы. Соответственно бутылка герметически закупоривается и через пробку к ней подводятся две трубки — одна для нагнетания газа,

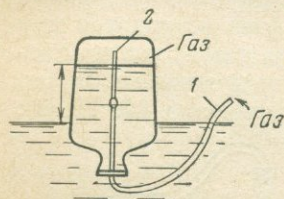


Рис. 113. Наполнение бутылки газом путем засасывания  
1 — газоподводящая трубка;  
2 — барометрическая трубка

а другая для свободного выхода вытесняемого из бутылки воздуха. Первая трубка опускается до самого дна сосуда. Для надежного вытеснения воздуха следует пропустить через бутылку десятикратный объем опробуемого газа.

Способ заполнения резинового баллона подобен надуванию футбольной камеры или воздушного шара. Газ под давлением подводится к баллону и последний надувается до тех пор, пока внешнее давление газа будет превосходить упругость резины. Следует иметь в виду, что активные газы способны разъедать резину, и поэтому данный способ применим для опробования не всякого газа.

Другие способы отбора газовых проб, основанные на искусственном вакууме, требуют специальной аппаратуры и здесь не рассматриваются.

Другие способы отбора газовых проб, основанные на искусственном вакууме, требуют специальной аппаратуры и здесь не рассматриваются.

Обычные разведочные пробы отбираются в объемах 1—2 л. При мощных газовых фонтанах для детальных исследований и производственных опытов отбираются большие пробы газа в баллоны емкостью 30—50 л.

Химические исследования газа ведутся в специализированных лабораториях. Они представляют собой химические анализы, определения теплотворной способности и другие исследования.

## ПРИМЕРЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Поиски и разведки месторождений полезных ископаемых осуществляются в различных природных условиях. Поэтому приведенные ниже фактические сведения по изучению месторождений в Советском Союзе не могут отразить всего многообразия волнующих открытий и кропотливых работ по разведке месторождений для обоснования их промышленного использования. Здесь описаны лишь некоторые примеры находок и разведок наиболее распространенных месторождений полезных ископаемых.

При всем различии работ и комплексов технических средств, применяемых на поисках и разведках месторождений различных полезных ископаемых, существует много общего в методике поисковых работ в определенных природных, ландшафтных условиях или в методах разведки однотипных по формам и условиям залегания месторождений. Так, обнаженные на поверхности месторождения открываются обычно по характерным их выходам; слепые же залежи руд выявляются на глубине с помощью геофизических методов и путем бурения единичных разведочных скважин. Из выявленных месторождений некоторые, как, например, пластовые и пластообразные, разведываются однотипными буровыми системами, несмотря на их качественные различия; разведка рудных жил — золотых или молибденовых, оловянных или редкометалльных — не обходится без значительной доли подземных горных разведочных выработок, прослеживающих их по простиранию с частым бороздовым опробованием на ряде горизонтов. При этом только плотность сети буровых скважин или подземных горных выработок может существенно отличаться в зависимости от размеров тел и степени изменчивости основных свойств различных пластообразных или жильных месторождений. Разведке россыпей свойственны специфические системы и технические средства для опробования с промысловой песков. Приведенное ниже описание поисков и разведок выполнено на примерах типичных представителей важнейших морфологических групп месторождений твердых полезных ископаемых: 1) крупных пластовых и пластообразных, 2) крупных тел, близких к изометричным, 3) средних и малых жильных тел, 4) мелких тел разнообразных, обычно неправильных форм.

Приведены также отдельные примеры разведки месторождений жидких и газообразных полезных ископаемых.

При ознакомлении с изложенным ниже фактическим материалом о поисках и разведках месторождений полезных ископаемых следует помнить, что описания, отражая практику геологоразведочного дела, дают представления о методике разведки, имевшей место в действительности, со всеми достоинствами и недостатками.

### 1. ПОИСКИ В ИТАТСКОМ РАЙОНЕ И РАЗВЕДКА БАРАНДАТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРОГО УГЛЯ

В Итатском районе Канско-Ачинского угольного бассейна в 1959 г. было открыто Барандатское месторождение. До этого были известны лишь выходы угольных пластов, и местное население использовало уголь в небольших количествах для бытовых нужд. Первые поисковые скважины в 1958 г. выявили угольный пласт мощностью до 70 м.

Слоистые горные породы вместе с пластами угля залегают полого, слагая широкую мульду. Падение угольных пластов в периферических частях мульды от 2 до 8°, в центральной части залегание практически горизонтальное.

В первый период поисковых работ для площади предполагаемой угленосности была составлена геологическая карта с нанесением всех выявленных выходов угольных пластов. Затем площадь месторождения подвергалась разбурированию скважинами по профилям, отстоящим друг от друга на 2—4 км. В профилях скважины были пробурены через 1—2 км. В результате была выявлена угленосность на площади 250 км<sup>2</sup>.

С 1960 по 1962 г. на месторождении проводилась предварительная разведка. Разведочное бурение было сосредоточено на восточном крыле мульды, где угольные пласты обладают наибольшей мощностью. Разведочные линии ориентировались вкрест простирания выходов, в результате чего получилась веерообразная схема расположения линий (рис. 114). Среднее расстояние между разведочными линиями составляло 1500—2000 м, между скважинами в линиях — от 500 до 1000 м.

Изучение качества угля, для чего отбирались пробы большого веса, показало, что бурые угли Барандатского месторождения могут использоваться как энергетическое топливо и в качестве сырья для химической промышленности. Они малосернисты, дают относительно немного золы при сгорании, и тепловорная их способность около 3700 ккал/кг.

По материалам предварительной разведки было установлено, что участки от I до IV наиболее благоприятны для освоения и поэтому на них были поставлены детальные разведочные работы в первую очередь. Детальная разведка началась в 1962 г. и закончилась на этих первых участках в 1963 г. При детальной разведке сеть верти-

кальных разведочных скважин сгущалась вчетверо путем деления расстояний между скважинами предварительной разведки пополам. Таким образом, расстояния между скважинами детальной разведки

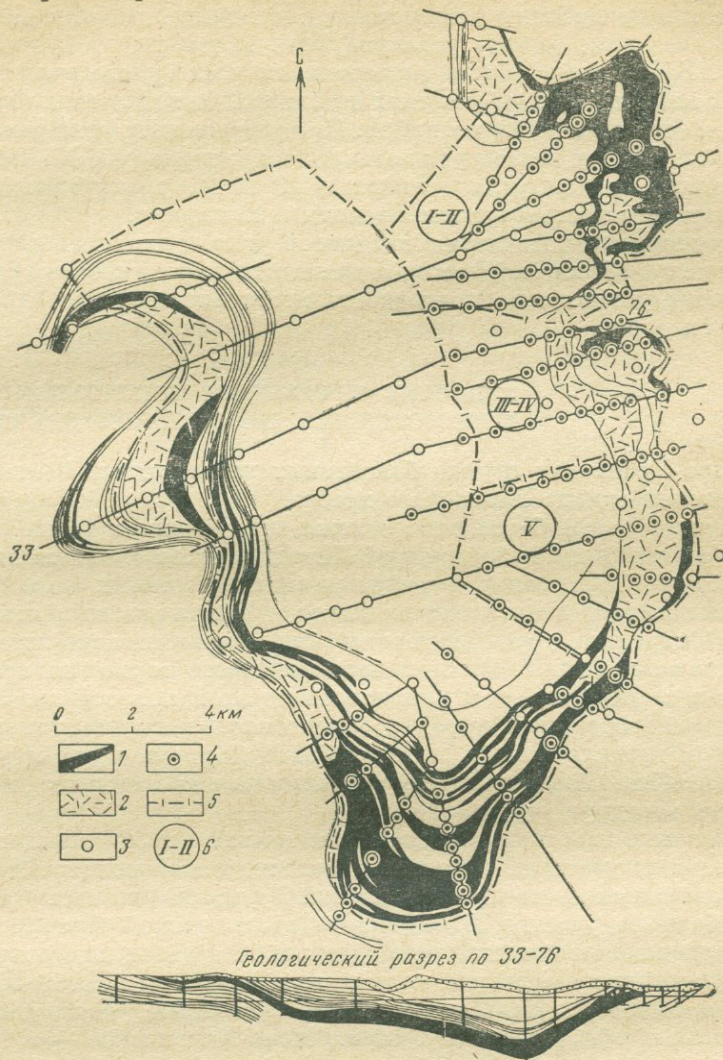


Рис. 114. Разведка Барандатского месторождения (по Г. Г. Позднякову)  
 1 — угольные пласты; 2 — горельники; 3 — скважины поисково-разведочные; 4 — скважины на участке сгущения при предварительной разведке; 5 — условные границы разведочных участков; 6 — номера разведочных участков

составили от 250 до 500 м, в некоторых случаях — до 1000 м. Всего было пробурено разведочных скважин к моменту окончания детальной разведки на первоочередных участках 530 при средней глубине

немногим более 100 м. Наибольшая глубина скважин составила 300 м.

Благодаря спокойному залеганию угольных пластов, большой мощности и неглубоким разведочным скважинам, дающим наиболее точные сведения, данные разведки отличаются высокой достоверностью. Ввиду этого и при значительном числе разведочных пересечений запасы углей на участках детальной разведки квалифицировались в основном по категории А. При расстояниях между скважинами около 1000 м запасы угля относились к категории В. Детально разведанные запасы угля составили 2,3 млрд. т, а общие запасы Барандатского месторождения оценены в 16 млрд. т.

На основании подсчитанных запасов угля, выяснения гидрогеологических особенностей месторождения и горнотехнических условий разработки установлена пригодность месторождения для открытых добычных работ.

## 2. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА БОКСИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ

Северо-Уральская группа бокситовых месторождений находится на восточном склоне Уральского хребта.

Пластообразные бокситовые залежи приурочены к толще известняков, слагающих крыло крупной Шегильтанской синклинали. Они расположены на светлых массивных нижнедевонских известняках петропавловской свиты и перекрываются битуминозными известняками эйфельского яруса, переходящими в известняково-глинистые битуминозные сланцы. Выходы бокситоносного горизонта протягиваются в меридиональном направлении узкой полосой на 30 км. Весь комплекс горных пород с бокситоносным горизонтом падает на восток вначале полого, а затем более круто под углом до 50°. Толща разбита разрывными нарушениями на ряд блоков, смещенных относительно друг друга.

Поисковые работы на бокситы были начаты в 1930 г. и ставились на отдельных участках в пределах бокситоносной полосы. По мере находок высококачественных скоплений боксита начинались разведочные работы на участке. В результате вдоль единой бокситоносной зоны выделилось несколько разобобщенных безрудными промежутками бокситоворудных площадей, получивших названия месторождений: Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское. Первое было обнаружено в 1931 г., Ново-Кальинское — в 1955 г.

Разведка месторождений Северо-Уральской бокситовой полосы началась с довольно детального изучения приповерхностных частей залежей, обнаженных на выходах и залегающих полого с углом падения 5—10°. Эти части месторождений разведывались шурфами по сеткам 50 × 20 и 50 × 12 м с последующим сгущением до 25 × 20 и 25 × 12 м. По результатам разведки подсчитывались запасы категорий А и В и начиналась в некоторых местах отработка бокситовых залежей карьерами и подземными выработками.

Более глубокие горизонты месторождений не подвергались разведке прежде всего потому, что выяснились весьма сложные гидрогеологические условия отработки месторождений из-за мощного трещинно-карстового массива подземных вод. Притоки подземных вод в горные выработки в отдельных вскрытиях достигают 1500 м<sup>3</sup>. Однако вскоре выяснилось, что такая частичная разведка приповерхностной части месторождений недостаточна — требовалось уточнение перспектив минерально-сырьевой базы. В 40-х годах началась широкая разведка североуральских месторождений на глубину.

В первый период глубинной разведки, соответствующей примерно современным требованиям к предварительной разведке, месторождения освещались сетями скважин колонкового бурения 200 × 100<sup>м</sup> и 200 × 200 м. Затем до глубин около 400 м разведочные сети сгущались до 100 × 100 и 70 × 70 м. По установившейся традиции запасы бокситов на предварительно разведанных участках относились к категории С<sub>1</sub>, а запасы, подсчитанные по сгущенным сетям, квалифицировались по категориям В и А. Более глубокие горизонты месторождений разведывались весьма редкими буровыми пересечениями на расстояниях 400—500 м друг от друга; запасы бокситов, выявленные на этих глубинах, отнесены к категории С<sub>2</sub>.

Сравнения на отдельных участках подсчитанных при разведке запасов с количествами добытого там минерального сырья и достаточно точно учтенных потерь при отработке показали, что расхождения составляют: по участкам с запасами категорий А + В около 10%, по участкам с запасами категории С<sub>1</sub> около 50% (на Черемуховском месторождении). При этом по Кальинскому месторождению было установлено, что расхождения в определении естественных показателей бокситов (содержаний глинозема и кремнезема; кремневого модуля и марки боксита) по разведочным и эксплуатационным данным не выходят за пределы 10—15%.

Ввиду того, что бокситы североуральских месторождений сложены литологически различными образованиями, отличимыми по внешним признакам, и представлены разными промышленными сортами, опробование проводилось исключительно секционное. В горных выработках длина секции составляла 0,5 м, иногда на контактах залежей она уменьшалась до 0,25 м; сечение борозды 10 × 5 см. От керна скважин пробы отбирались по метровым и полуметровым интервалам; в пробу поступала половина столбика керна. Для технологических испытаний в лабораториях отбирались пробы из горных выработок массой 100—200 кг, для испытаний на заводе в пробу брались массы боксита в 20—50 т.

В результате разведочных работ, проводившихся на месторождениях более 20 лет, выяснены достаточно подробно как геологическое строение отдельных месторождений, так и размеры, формы и условия залегания бокситовых тел до глубин 1200—1400 м. Залежи боксита приурочены в основном к отрицательным формам древнего рельефа палеозойских известняков. Соответственно залежи отличаются непостоянством мощности и прерывистостью. Мощность их колеблется

от долей метра до 40 м. Строение залежей сложное, в них выделяется три части: верхняя, у висячего бока, сложенная пестроцветными бокситами, средняя, сложенная красными бокситами, и нижняя, представленная известняково-бокситовой брекчией. Красные бокситы составляют от 70 до 90% объема залежей. Качество бокситов высокое — преобладающими марками являются Б-1, Б-2, Б-3. Содержание глинозема по отдельным участкам варьирует в пределах 45,8—57,2%, содержание кремнезема редко выходит за пределы 10%.

### 3. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ДЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ

Месторождение Джезказган в Центральном Казахстане известно с давних времен, о чем свидетельствуют древние выработки на выходах рудных залежей, окрашенных в яркий зеленый цвет. Однако прежние представления о нем были неполны, что выяснилось впоследствии в результате большого объема разведочных работ.

Только благодаря тщательному изучению месторождения и проведению разведочных работ на обширных площадях сложное месторождение медистых песчаников приобрело современное свое значение гигантской кладовой медных руд.

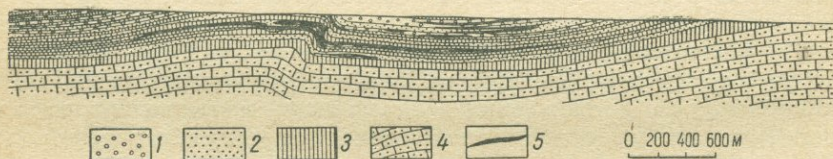


Рис. 115. Схематический геологический разрез Джезказганского месторождения медистых песчаников (по материалам ГРП)

1 — верхний отдел джезказганской свиты; 2 — серые рудоносные песчаники; 3 — нижний отдел джезказганской свиты; 4 — песчаники и известняки виае; 5 — рудные залежи

Месторождение приурочено к джезказганской песчано-сланцевой свите пермо-карбона. Продуктивная толща серых песчаников карбона перекрывается красноцветными песчаниками и пестроцветными отложениями перми. Общая мощность джезказганской свиты 635—680 м (рис. 115).

Джезказганская свита смята в пологие складки с флексуобразными перегибами. В одной из синклиналей этой складчатой зоны и находится месторождение. Слои джезказганской свиты залегают полого и горизонтально в куполовидных «сундучных» поднятиях, в зоне флексур и разрывных нарушений падение слоев становится более крутым, достигая местами 60°.

Площадь Джезказганского месторождения превышает 50 км<sup>2</sup> и разделяется условно на шесть промышленных участков: Покро-Север, Покро-Югозапад, Златоуст, Крестовский, Анненский и Акчий-

Спасский. В вертикальном разрезе выделены десять рудоносных горизонтов, в каждом из которых известны один или несколько рудных слоев, разобщенных безрудными слоями и пачками.

Разведка части месторождения началась в 1906—1915 гг., когда и был построен небольшой медеплавильный завод в Карсакпае для выплавки наиболее богатых руд, добывающихся выборочно в пределах обширных залежей медистых песчаников, сложенных вкрапленными рудами. Основательная разведка всего Джекказганского месторождения начата в конце 20-х годов и продолжается до настоящего времени. К середине 50-х годов месторождение было полностью оконтурено и на значительной своей части разведано детально.

Основным видом разведочных выработок служили скважины колонкового бурения, проходившиеся как на выходах рудоносных горизонтов, так и на глубины до 700 м по вертикали. Канавы и мелкие шурфы применялись лишь в начальный период изучения месторождения для вскрытия выходов и отбора проб большого веса.

Поисково-разведочное бурение на обширной площади, где прогнозировались закрытые рудоносные структуры, проводилось по редким профилям с расстояниями между ними до 1500 м и между скважинами в профилях — от 600 до 900 м. Эти редкие разведочные пересечения позволили грубо очертить площадь распространения промышленного оруденения и на некоторых участках, примыкающих к ранее детально разведанным частям месторождения, по данным редких пересечений были определены запасы медных руд по категории  $C_2$ .

Для разведки перспективных площадей Джекказганского месторождения была принята в основном ромбическая сеть буровых вертикальных скважин. Для выявления запасов категории  $C_1$  использовалась сеть с расстояниями между скважинами около 300 м, для категории В — 150 м, для категории А — 75 м. Значительная часть месторождения была разведана сразу по сети  $150 \times 150$  м; на участках Златоуст, Анненском и Акчий-Спасском начальная разведочная сеть принималась  $300 \times 300$  м.

По пяти детально изученным и почти полностью отработанным залежам проводились сравнения данных разведки и эксплуатации. При этом сравнивались разведочные данные по сетям  $75 \times 75$ ,  $150 \times 150$  и  $300 \times 300$  м. Оказалось, что погрешности определения запасов при наиболее густой разведочной сети находятся в пределах от 1 до 15%, при сети  $150 \times 150$  — от 8 до 50% и при сети  $300 \times 300$  — от 11 до 41%. Очевидно, что сеть  $150 \times 150$  м в отношении точности определения величины запасов не имеет особых преимуществ по сравнению с более редкой сетью.

В результате проведенных многолетних разведочных работ выяснились геологическое строение и морфологические свойства всего Джекказганского месторождения. Оно в общих чертах представляет собой пластообразное прерывистое скопление рудного вещества, рассредоточенного в вертикальном разрезе на множество отдельных залежей. Всего на месторождении выделяется свыше 100 прерывистых

пластообразных рудных залежей, объединяющих около 400 компактных рудных тел, которые залегают на глубинах до 500 м. Длина залежей от 400 до 3500 м, ширина от 100 до 1500 м, мощность от 0,5 до 20 м; средние мощности залежей от 4 до 9 м. Только тысячи разведочных пересечений, выполненных в пределах месторождения, позволили расчленил это сложное прерывистое скопление руд и оконтурить залежи.

Определение качества медных руд выполнено в основном по керну буровых разведочных скважин. Интервалы опробования обычно 1—1,5 м уменьшались вблизи контакта залежей до 0,5 м. Если выход керна был менее 70%, то обязательным было опробование шлама и мути.

Состав руд сравнительно простой: главными рудными минералами являются борнит, халькопирит и халькозин. В северной части месторождения вместе с медью распространен свинец в форме галенита. Значительное количество серебра в рудах связано с борнитом. В целом на месторождении выделяются два типа руд: медные и медно-свинцовые. Различные соотношения рудных минералов и разная степень окисления определили следующие технологические сорта руд:

медные сульфидные, составляющие более 90% общего количества запасов;

медные окисленные с преобладанием карбонатов и силикатов меди;

медные смешанные с различными соотношениями сульфидов и карбонатов меди;

медно-свинцовые сульфидные с промышленными содержаниями свинца;

свинцовые сульфидные.

#### 4. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦИНКОВО-СВИНЦОВЫХ РУД МИРГАЛИМСАЙ

Месторождение Миргалимсай находится в предгорьях хребта Каратау.

В геологическом строении месторождения принимают участие карбонатные породы верхнего девона, перекрытые тоже карбонатной толщей нижнего карбона мощностью от 430 до 1000 м. Породы фаменского яруса верхнего девона смяты в виде крупной антиклинали северо-западного простирания, осложненной мелкой складчатостью и разрывными нарушениями — сбросами и надвигами. Последние играют важную роль в современной структуре рудного поля. Амплитуды перемещения толщ по крупным нарушениям достигают 200 м и в некоторых случаях до 1000 м. На дислоцированных толщах палеозоя лежат красноцветные гипсоносные песчано-глинистые отложения верхнего мела. Все площади покрыты маломощным чехлом рыхлых четвертичных отложений.

Промышленное оруденение находится в пределах доломитизированных известняков и слоистых «ленточных» доломитов фаменского яруса. Рудные выходы наблюдаются во многих местах в размытом ядре складчатой структуры.

Месторождение открыто в 1930 г. рабочим поискового отряда, заметившим рудные выходы, которые впоследствии были прослежены на протяжении нескольких километров. Вскоре началась разведка пологих частей рудоносной складчатой структуры при помощи бурения скважин. Однако в 1933 г. оно получило отрицательную оценку ввиду ошибочного занижения содержания свинца в разведочных пробах. Небогатые руды Миргалимсайского месторождения представлялись еще более убогими и разведка была прекращена.

Возобновлены разведочные работы были в 1941 г. с началом Отечественной войны и продолжались до 50-х годов, когда удалось полностью разведать все месторождение, за исключением весьма глубоких горизонтов Южного участка, где оруденение не вполне оконтурено. В период разведки выполнено детальное геологическое картирование площади месторождения в масштабе 1 : 10 000, сопровождавшееся проходкой картировочных и поисковых канав, мелких шурфов и расчисток; проведены металлотрическая съемка, магнитотрическое картирование и электропрофилирование. С помощью металлотрии выявлены ореолы рассеяния свинца. Метод ВЭЗ дал возможность определять мощность наносов.

Методика разведки месторождения была принята исходя из пластовой формы рудных залежей с относительно равномерным распределением свинца, приуроченности оруденения к одному горизонту в стратиграфическом разрезе и пологого залегания рудоносного горизонта на большой площади. Все это дало возможность избрать систему вертикальных разрезов буровыми скважинами, достаточно эффективную и оправдавшую себя в условиях Миргалимсайского месторождения. Применение горных подземных выработок для разведки было ограничено некоторыми небольшими участками с крутым падением рудных залежей у выходов на поверхность (участки Мухамед и Северный) в период детальной разведки и подготовки этих участков к отработке.

Плотность разведочной сети для всего месторождения была принята одинаковой ввиду однообразного оруденения всюду. Сложная тектоника, разобщившая единый рудоносный горизонт на несколько смещенных и разноориентированных блоков, и значительная прерывистость оруденения послужили основанием для выбора довольно густой разведочной сети. Поисковые бурение проводилось по профилям, ориентированным вкрест простирания рудоносных структур, через 1000 м профиль от профиля. Скважины в профилях бурились примерно через 200 м. Такие глубинные поиски позволили выяснить общую структуру месторождения и выявить участки с промышленным оруденением. Затем для разведки месторождения, проводившейся по отдельным крупным его частям в разное время, была принята сеть 160 × 160 м, по которой подсчитывались запасы руд по категориям

С<sub>1</sub>. Так выделились четыре крупных участка, обусловленных в основном различным положением в тектонической структуре месторождения: Северный, Центральный, Сонкульский и Южный. Детальные разведки с подсчетом запасов по категории В проводились путем бурения скважин по сети 80 × 80 м.

В результате разведочных работ было выяснено, что рудоносный горизонт имеет мощность от 6 до 30 м и в своем вертикальном разрезе подразделяется на четыре сближенные пачки рудных слоев, получивших наименования: Ячеистая, Основная, Промежуточная и Параллельная залежи. Основная залежь, в которой заключена большая

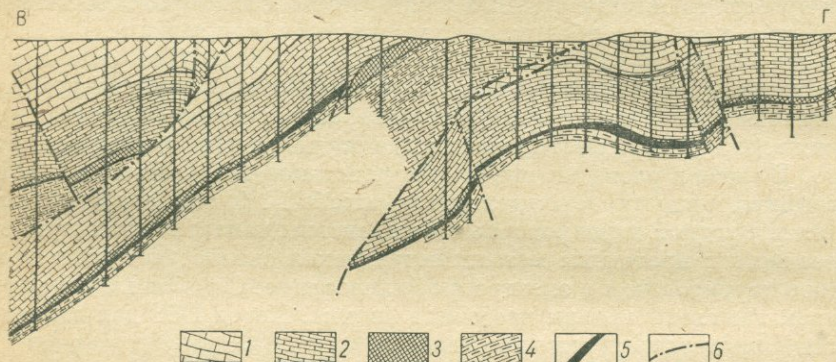


Рис. 116. Схематический геологический разрез месторождения Миргалимсай (по материалам ГРП)

1 — известняки, доломиты и известняковые брекчии; 2 — известняки и доломиты, перекрывающие рудный горизонт; 3 — ленточные доломитизированные и баритизированные известняки рудного горизонта; 4 — известняки, доломиты и аргиллиты, подстилающие рудный горизонт; 5 — рудные залежи; 6 — разрывные нарушения

часть подсчитанных запасов руд (73%), наиболее мощная и выдержанная в пределах всего месторождения, протягивается наподобие пласта мощностью от 1 до 6 м. Значительно более сложной является картина строения месторождения в вертикальных его разрезах, где вследствие разрывных нарушений части складчатой структуры вместе с рудоносным горизонтом занимают различное положение и смещены друг относительно друга (рис. 116).

Главными минералами миргалимсайской руды являются галенит, сфалерит и барит при редкой вкрапленности пирита и марказита. Галенит образует послойные рассеянные включения в доломитизированных известняках или тонкие секущие прожилки и вкрапленность вместе с баритом.

Опробование проводилось преимущественно по керну скважин колонкового бурения. Длина секций обычно составляла 1 м. В зоне контакта залежи с вмещающими породами, который довольно четко определим по признакам стратиграфического разреза, пробы отбирались полуметровыми интервалами. При низком выходе керна опробовался шлам. Ввиду недостаточного выхода керна и низкого содер-

жания свинца в рудах погрешности его определения были значительными.

По результатам изучения качества руд выделены три их сорта: свинцовые с баритом, свинцовые без барита и баритовые. До глубин 30—40 м от поверхности распространены в основном окисленные руды, среди которых различались два сорта — окисленные, сохранившие первичную текстуру, и окисленные рыхлые. Основную массу руд месторождения составляют руды сульфидные.

До начала отработки месторождения (в конце 50-х годов) почти вся площадь его была покрыта сетью скважин  $160 \times 160$  м; на некоторых участках были выполнены детальные исследования по густой сети скважин и при помощи подземных горных выработок. Начатая на Центральном участке отработка рудных залежей позволила провести сравнение данных разведки и эксплуатации. Это сравнение показало, что при значительных расхождениях по отдельным эксплуатационным блокам в целом по Центральному участку свинца добыто на 9% больше, чем было подсчитано.

## 5. РАЗВЕДКА КОУНРАДСКОГО ШТОКВЕРКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Коунрадское меднорудное месторождение, известное по заявкам в Степном горном округе с 1901 г., впервые было описано М. П. Рукавовым в 1928 г. Оно находится в полупустынной части Северо-Западного Прибалхашья.

Район месторождения представляет собой равнину, расчлененную сопками и логами. Сопки, сложенные вторичными кварцитами по эффузивным порфирам, окаймляют рудное поле месторождения, центральная часть которого представлена вторичными кварцитами по гранодиорит-порфирам. К последним в основном и приурочено промышленное медное оруденение. Характерные зеленоватые выходы окисленных руд с содержанием меди 1% и более на значительной площади позволили обосновать проведение дальнейших разведочных работ.

В 1929 по 1931 г. были проведены первые геологические съемки урочища Коунрад в масштабе  $1 : 25\ 000$ . К этому же периоду относится проходка 1100 шурфов по сети  $20 \times 20$  м глубиной до 3 м, позволивших составить металлотрическую карту и выделить площади с повышенным содержанием меди. Девять скважин, шесть из которых дали промышленные руды, подтвердили распространение промышленного оруденения на глубину.

С 1931 по 1934 г. проводилась систематическая разведка месторождения скважинами колонкового бурения до глубин 100—150 м по неправильной сети со средней плотностью 10 тыс. м<sup>2</sup> на одну скважину. Отдельные скважины были пройдены до 250 м. Эти разведочные работы позволили подсчитать запасы руды в верхней части месторождения по промышленным категориям и получить материалы, необходимые для составления проекта отработки месторождения,

Одновременно с буровой разведкой проводились и горные работы для взятия технологических проб и контроля данных бурения. В результате изучения месторождения были выяснены размеры месторождения в плане и основные черты его геологического строения. Форма рудного тела оказалась овальной, несколько удлинённой в широтном направлении. По характеру развития вторичных процессов на месторождении выделяются зоны: выщелачивания, окисления, смешанных руд, вторичного сульфидного обогащения и первичных руд. Было установлено, что практическое значение имеет главным образом зона вторичного сульфидного обогащения, в пределах которой сосредоточены основные запасы медных руд.

Оруденение Коунрадского месторождения представлено вкрапленностью и мелкими прожилками сульфидов, неравномерно распределёнными в рудном теле. Длина прожилков обычно не более 10—15 см, чаще 3—6 см, мощность до 1—2 мм, чаще доли миллиметра.

Неодинаковая степень трещиноватости в различных участках рудного тела обусловила неравномерное распределение сульфидов в его пределах. К участкам повышенной трещиноватости приурочены наибольшие мощности зон выщелачивания и окисления и, как правило, более высокое содержание меди в зоне вторичного сульфидного обогащения.

Степень изменчивости содержания меди с глубиной характеризуется изменением коэффициента вариации, вычисленного по данным опробования буровзрывных скважин по ряду горизонтов (табл. 24). Уменьшение коэффициента вариации с глубиной обусловлено в основном крайне неравномерным распределением металла в зоне окисления, где руды с различными содержаниями меди, часто чередуясь, проявляются в плане в виде неправильных и небольших по площади пятен.

Таблица 24

Изменение коэффициента вариации содержания меди с глубиной на Коунрадском месторождении

Горизонты	Коэффициент вариации	Зоны
1	156	Окисления
2	124	»
3	97	Смешанных руд
4	60	Вторичного сульфидного обогащения
5	52	То же
6	48	»
7	51	»
8	48	»

Учитывая большую изменчивость оруденения в пределах зоны окисленных руд, в процессе подготовки месторождения к освоению верхние его горизонты были подвергнуты более детальной разведке скважинами колонкового и ударно-канатного бурения сначала по

сети  $48 \times 48$  м, а затем по сети  $24 \times 24$  м (рис. 117). Целью такого разбуривания было обеспечение предприятия запасами категории А, но, как показали данные отработки, сеть  $24 \times 24$  м не дала существенного уточнения по сравнению с сетью  $48 \times 48$  м и не выявила с достаточной точностью контуры промышленных участков и содержания полезного компонента, которые, как показали экспериментальные

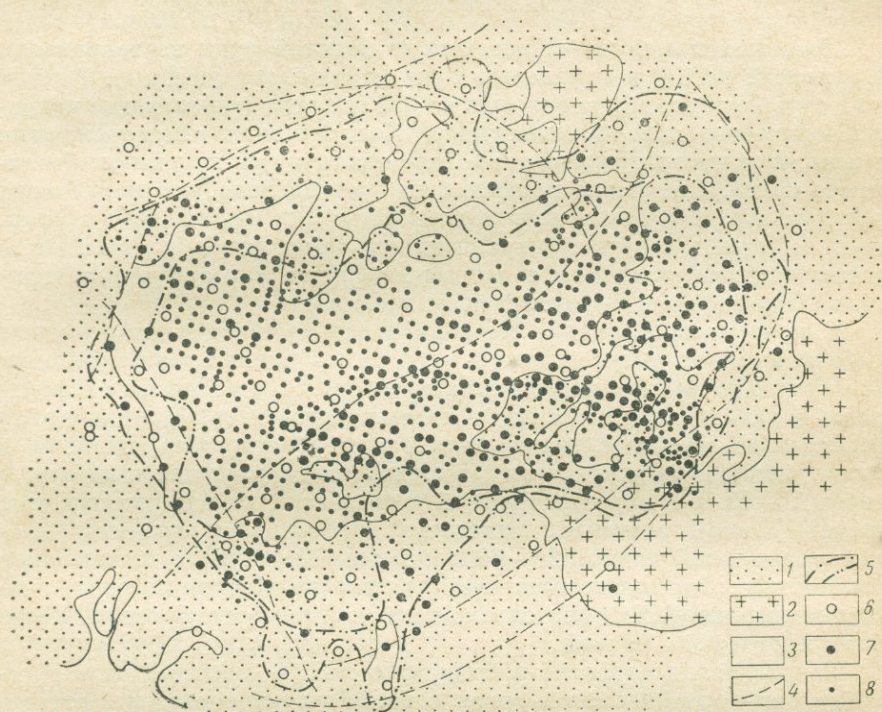


Рис. 117. План разведки Коунрадского месторождения (по В. М. Крейтеру)

1 — вторичные кварциты по эффузивам; 2 — консолидированные гранодиорит-порфиры и кварцевые диорит-порфиры; 3 — вторичные кварциты по гранодиорит-порфирам; 4 — тектонические нарушения; 5 — контуры распространения халькозиновых и окисленных руд; буровые скважины, пройденные: 6 — в 1929—1934 гг.; 7 — в 1938—1939 гг.; 8 — мелкие буровые скважины детальной разведки до горизонта 620 м

исследования, могут быть установлены только сетью буровзрывных скважин ( $10 \times 10$  или  $8 \times 8$  м).

Спустя 15 лет, в связи со снижением кондиций проведена дополнительная разведка глубинных частей штокверка (до 450—500 м), где залегают более бедные первичные руды. Разведка была проведена скважинами колонкового бурения по сети  $100 \times 100$  м и позволила значительно увеличить разведанные запасы руд на месторождении.

Достаточно надежным основанием для суждений о качестве медных руд послужили многочисленные пробы из буровых скважин. Надежность опробования по керну и шламу буровых скважин

контролировалась пробами из шурфов и трех разведочных шахт; расхождение между результатами опробования по 17 сопряженным скважинам и горным выработкам в сумме по содержанию меди составило 6,5%.

## 6. РАЗВЕДКА ПЕРВОМАЙСКОГО ШТОКВЕРКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Первомайское месторождение молибденовой руды на территории Бурятской АССР в верховьях правых притоков р. Джиды, ныне уже отработанное, было открыто в 1935 г. Тогда при разведке кварц-гюбнеритовых жил близлежащего Холтосонского месторождения в восточной части рудного поля были обнаружены кварц-молибденитовые жилы. Несколько позднее было установлено, что молибденит присутствует в промышленных концентрациях не только в жилах, но и в виде рассеянной вкрапленности содержится в апикальной части массива мезозойских гранит-порфиров и в окружающей его толще кембрийских метаморфических сланцев.

В первые годы изучения Первомайского месторождения основные работы были сконцентрированы на поисках рудных жил, имеющих сравнительно высокие содержания молибдена. С этой целью с поверхности задавались магистральные каналы через 400 и 100 м с расчетом пересечения наиболее значительных жил. Затем обнаруженные в магистральных канавах жилы прослеживались короткими канавами через 10—15 м. В случаях трудной увязки жил, характеризующихся частой сменой элементов залегания, проходились траншеи (продольные каналы) длиной 20—30 м и более. По двум из выявленных жил были пройдены штольни. Другие жилы на глубине освещены частично штольной № 1 или скважинами колонкового бурения. Всего было прослежено 19 жил.

Как показали поисково-разведочные работы, жильные тела с молибденовым оруденением в связи с малой их мощностью и запасами молибдена не могли представлять промышленного интереса. Исключением составила небольшая группа жил с богатым молибденовым оруденением, которая в дальнейшем была отработана с поверхности двумя небольшими карьерами.

Разведочные работы с 1938 г. были направлены на оценку обширного штокверкового тела. С этой целью в 1938—1941 гг. поверхность месторождения была разведана шурфами по сети 20 × 20 м глубиной до 10 м. Данные опробования шурфов позволили в общих чертах оконтурить по поверхности штокверковое оруденение с принятым минимальным промышленным содержанием молибдена в гранит-порфирах 0,1%.

Разведка месторождения скважинами колонкового бурения на глубину началась в 1941 г. сразу по сети 50 × 50 м на площади рудоносных гранит-порфиров и затем сланцев. К 1958 г. молибденовый штокверк был полностью оконтурен, выявленные запасы центральной части месторождения были отнесены к категории В, а по периферии — к категории С<sub>1</sub>.

В результате разведочных работ было установлено, что штокерк представляет собой уплощенное слегка вытянутое в северо-западном направлении тело неправильной в плане формы со сложными (особенно в северной части) и нечеткими контурами. Верхняя граница балансовых руд определяется поверхностью современного эрозионного среза, опускаясь на глубину 10—20 м лишь в юго-восточной части месторождения. Нижний контур промышленных руд имеет неправильные очертания. На одних участках он опускается на глубину до 150 м, на других — поднимается к дневной поверхности (рис. 118).

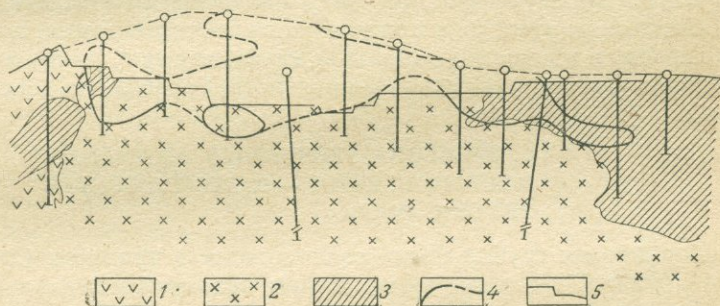


Рис. 118. Разрез по Первомайскому месторождению  
1 — кварцевые диориты; 2 — гранит-порфиры; 3 — контактовые роговики и роговиковые сланцы; 4 — контур рудного тела; 5 — оработанная часть месторождения

Степень изменчивости содержания молибдена по отдельным горизонтам штокерка характеризуется следующими коэффициентами вариации, вычисленными по данным сквозных проб всех буровзрывных скважин (табл. 25).

Таблица 25

Изменение коэффициента вариации содержания молибдена на Первомайском месторождении

Горизонт	Коэффициент вариации	Горизонт	Коэффициент вариации
1684	82	1654	79
1674	69	1644	72
1664	67	1629	59

Как видно из таблицы, коэффициенты вариации слабо изменяются от горизонта к горизонту.

Зона окисления не имеет четких гипсометрических границ; средняя ее глубина 20 м. Согласно данным разведки степень окисления руд была установлена в 19%; однако, как выяснилось в процессе эксплуатации, она была занижена и практически составила 42%.

Опробование руд Первомайского месторождения осуществлялось по керну и шламу из скважин ударно-канатного бурения. Горные

выработки опробовались бороздовым и валовым способами. Длина керновых проб обычно составляла 1 м, но иногда колебалась от 0,8 до 2,35 м. Интервал опробования в скважинах ударно-канатного бурения составлял 5 м.

В процессе разведочных работ проводился контроль данных колонкового бурения. Так, в 1948—1950 гг. были пройдены две шахты и пять шурфов по стволам скважин. Как показало сопоставление данных опробования этих выработок, расхождения были значительными между смежными пробами по шурфам и скважинам.

В процессе эксплуатации, особенно в последние годы, когда отработкой были затронуты уже нижние части месторождения, возникла необходимость в уточнении данных о качестве руды, которое и осуществлялось скважинами ударно-канатного бурения по сети 25 × × 25 м.

## 7. РАЗВЕДКА КОРЕННОГО АЛМАЗНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ — КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ «МИР»

Кимберлитовая трубка «Мир» расположена в пределах Среднесибирской плоской возвышенности. Район месторождения характеризуется относительно простым геологическим строением. Наиболее древними отложениями являются карбонатные породы ордовика, залегающие почти горизонтально. На них с резким несогласием залегают континентальные песчано-глинистые отложения нижней юры, которые в свою очередь перекрываются песчано-гравийно-галечными отложениями и каолиновыми глинами предположительно третичного возраста.

Кимберлитовая трубка прорывает отложения ордовика, но возраст ее точно не установлен, поскольку непосредственных контактов с мезо-кайнозойскими породами не наблюдается.

В плане кимберлитовая трубка «Мир» имеет форму овала, вытянутого по длинной оси в северо-западном направлении (рис. 119). В разрезе трубка имеет воронкообразную форму с падением стенок от близкого к вертикальному с северо-восточной стороны до 60—75° — с северо-западной.

Трубка сложена брекчиевидной породой, состоящей из обломков собственно кимберлитов, измененных перидотитов с пиропом, различных пород осадочного происхождения и траппов, захваченных из нижележащих горизонтов, и включений различных минералов, среди которых особенно выделяются фенокристаллы оливина. Преобладающий размер обломков колеблется от долей сантиметра до 10—30 см в поперечнике, изредка встречаются обломки размером до 3—5 м. Обломки, выполняющие трубку, сцементированы серпентинит-карбонатным материалом. Во вмещающих породах на контакте с кимберлитовым телом отмечается ореол тектонических брекчий и слабые гидротермальные изменения типа ороговикования.

Экзогенные процессы способствовали полному разрушению коренных пород на выходах и превращению их вблизи поверхности

в глиноподобную жирную на ощупь массу, обычно пропитанную гидроокислами железа.

Поиски кимберлитовых трубок были осуществлены геологами Амакинской экспедиции Якутского геологического управления. В результате мелкомасштабного геологического картирования, сопровождаемого детальным штиховым опробованием, были выявлены ореолы рассеяния парагенетических спутников алмазов — пирропа, пикроильменита и хромдиоксида. В июне 1955 г. штихи с малиновым пирропом привели к коренным выходам первой кимберлитовой трубки, получившей название «Мир». Впоследствии при поисках кимберлитовых трубок широко применялась и магнитометрическая съемка, так как кимберлиты отличаются высокой магнитной восприимчивостью. Наиболее характерные магнитные аномалии были получены на трубке «Зарница», которая, как было выяснено позднее, содержит большое количество магнетита.

Промышленная ценность трубки «Мир» была установлена при проходке первых поисково-разведочных шурфов — в кимберлитах были обнаружены алмазы.

Разведка трубки осуществлялась горно-буровой

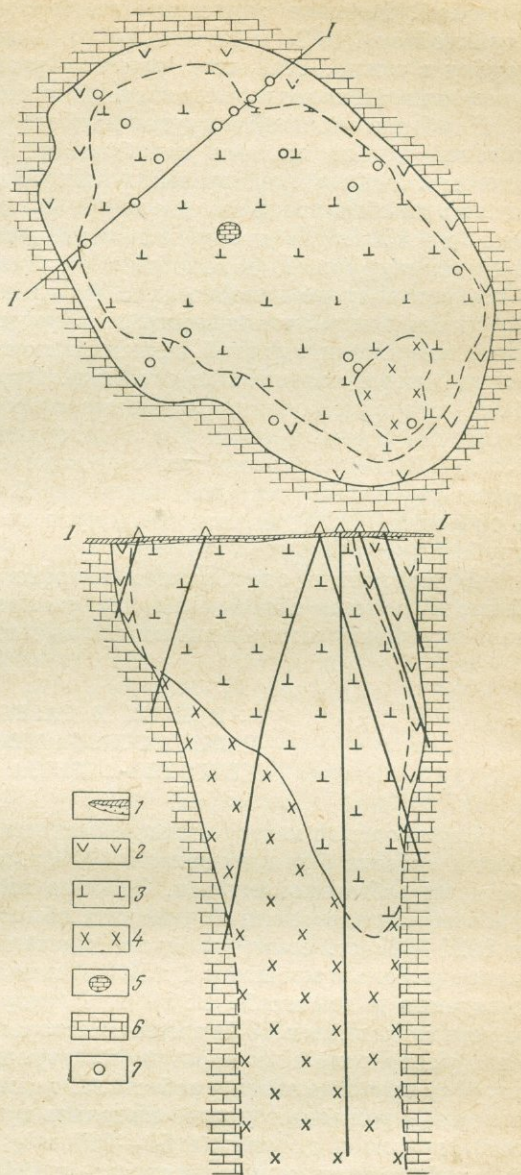


Рис. 119. Схематический план и разрез алмазоносной трубки «Мир»

1 — элювиально-делювиальные отложения; 2 — измененный кимберлит желтого цвета; 3 — измененный кимберлит зеленого цвета; 4 — кимберлит зеленовато-черного цвета; 5 — ксенолиты карбонатных пород; 6 — карбонатные породы ордовика; 7 — буровые скважины

системой. Верхние горизонты кимберлитов были вскрыты шурфами глубиной от 4 до 20 м по сети  $40 \times 40$  м, что позволило оконтурить трубку в плане. Характер рудного тела на глубине был выяснен с помощью 18 колонковых скважин глубиной от 100 до 600 м.

Наиболее сложной и трудоемкой операцией при разведке кимберлитовой трубки явилось опробование. Первоначально опробование основывалось на представлении о неравномерном распределении алмазов в кимберлите, в связи с чем отбирались валовые пробы объемом от 25 до 150 м<sup>3</sup>. В пробу включался материал 4—6 рядом расположенных шурфов. В дальнейшем при изучении трубки на глубине было установлено относительно равномерное распределение алмазов по отдельным разновидностям кимберлитов. Это послужило основанием впервые в мировой практике применить для опробования на алмазы керн колонковых скважин. Экспериментальными работами была установлена оптимальная масса пробы, равная 0,5—1,0 т, чему примерно отвечает вес керна с интервала 40 м скважины диаметром 130 мм. Выход керна при этом должен быть не менее 80%. Погрешности определения средних содержаний алмазов по керну оказались в пределах  $\pm 25\%$ , что вполне допустимо для оценки кимберлитовых трубок.

В результате опробования шурфов и керна буровых скважин были выяснены закономерности распределения алмазов в рудном теле и надежно определены их промышленные запасы.

## 8. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА БАЖЕНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Баженовское месторождение открыто в 1885 г. Небольшие разработки асбеста были начаты в 1889 г. на многочисленных выходах богатых асбестоносных зон. Одновременно проводились разведочные работы на разрозненных участках обширного рудного поля. Только в 1925-1927 гг. было проведено тщательное геологическое картирование района в масштабе 1 : 50 000 и позднее — всей площади месторождения в масштабе 1 : 5000. В результате выявились основные черты геологического строения месторождения, форма и состав массива ультраосновных пород и оконтурены с поверхности при помощи шурфов крупные залежи асбеста. В дальнейшем геологическом изучении месторождения можно выделить три периода: до 1940 г., когда оно изучалось до глубин 50—100 м с одновременной подготовкой к отработке некоторых участков; от 1940 до 1950 г. разведочные выработки достигли глубин 150 м и все обнаруженные залежи подвергались изучению; после 1950 г. резко увеличились объемы разведочных работ. В результате почти все залежи центральной части месторождения, выходящие на дневную поверхность, разведаны до глубин 300—500 м и отдельными буровыми скважинами установлена асбестоносность геологических структур до глубин 1100—1200 м; при этом

под приповерхностными залежами обнаружены на глубинах слепые залежи второго и в ряде мест третьего ярусов. Проведенные многолетние разведочные работы позволили выяснить структуру месторождения и его масштабы. Всего на месторождении пройдено 2064 скважины предварительной и детальной разведки, составляющие в сумме 527 км.

Баженовская интрузия гипербазитов входит в состав восточной полосы габбро-перидотитовых интрузий Среднего Урала. Главная асбестоносная зона проходит внутри массива ультраосновных пород, прослеживаясь по поверхности на протяжении 10 км при ширине от 750 до 1200 м. Установленная разведочными скважинами глубина асбестовой зоны 1200 м не является предельной, так как ряд залежей продолжается глубже. Зона сложена в основном серпентинитами, среди которых встречаются блоки перидотитов. Асбестоносные зоны окаймляют перидотитовые блоки. Залежи асбеста расположены одна за другой почти без перерывов. Они, как правило, имеют зональное строение: к зонам нарушений примыкают массивные серпентиниты, в которых заключены тончайшие прожилки («волосовики») и редкие жилки асбеста мощностью 3—4 мм; далее развита зона мелких прожилков, за которой следуют зоны мелкой и крупной «асбестовых сеток»; последней, примыкающей к перидотитам, является зона «отороченных» крупных жил асбеста. Все промышленные залежи асбеста приурочены к контакту асбестоносных зон с перидотитами.

В качестве примера разведки залежей асбеста ниже приводится описание работ по самой крупной залежи Северной с краткой ее характеристикой.

Северная залежь на поверхности имеет форму овала длиной около 5 км и шириной до 1,3 км (см. рис. 5). Центральную часть залежи составляет перидотитовый блок, который окаймлен со всех сторон асбестоносной зоной. Последняя на значительной части выхода эродирована и обнажает в ядре тело перидотита (рис. 120). В вертикальных разрезах установлено, что перидотиты распространяются до глубин 600—850 м. Соответственно и асбестоносные зоны, окаймляющие перидотитовые блоки, прослеживаются на глубину до 900 м.

На разрезе видно, что буровые разведочные скважины раннего периода бурились наклонно, с учетом крутого падения асбестоносной зоны, с целью ее подсечения на глубинах 50—100 м; затем скважины с меньшим углом наклона бурились до глубин 250—300 м; и, наконец, для выяснения общих перспектив пройдены вертикальные скважины, также пересекшие асбестоносные зоны до глубин 800 м. Южнее выхода прослежено продолжение залежи вокруг перидотитового блока, погруженное на 200—400 м по вертикали от дневной поверхности, для чего на параллельной разведочной линии были пройдены скважины глубиной 500—900 м.

В результате разведочных работ выявлены мощные зоны богатейшей асбестовой руды — зоны «отороченных жил» мощностью от 20 до 150 м в западном крыле и от 5 до 50 м — в восточном. Кроме того,

установлены асбестоносные зоны «крупной сетки» мощностью от 20 до 100 м и зоны «мелкой сетки» мощностью 10—40 м.

Качество асбестовой руды изучалось на большом фактическом материале из разведочных шурфов и эксплуатационных карьеров с давних времен. Установленные промышленные сорта асбестовой руды издавна приняты в практике отработки месторождения. Кроме определения содержания асбеста в руде, в задачу разведочного опробования входит также выяснение и других качественных показателей волокна асбеста для отнесения разведанной руды к тому или иному промышленному сорту. Опыт опробования керна буровых

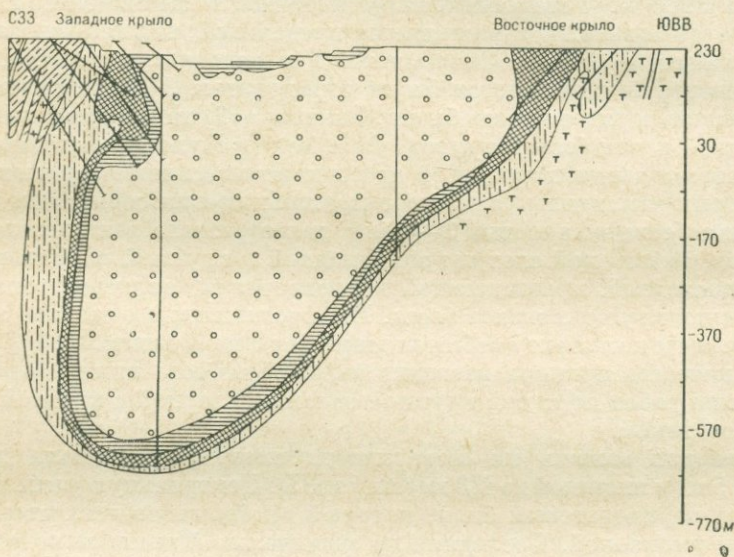


Рис. 120. Схематический геологический разрез залежи «Северная» по линии Л 426 Баженовского месторождения (по П. М. Татаринovu)  
Условные обозначения см. на рис. 5

скважин показал, что решение задач опробования возможно и на материале керна по результатам бурения колонковых разведочных скважин.

Приблизительное содержание асбеста может быть определено визуально, так называемым линейным способом. Этот способ заключается в измерении длин жилок асбеста на некоторой площади обнажения и вычисления среднего содержания асбеста по суммарной длине жилок. Он применим для подсчетов при относительно простых жилках, таких, как «отороченные». При очень тонких прожилках, образующих сетчатую текстуру, линейный способ ненадежен.

Точные данные о содержании асбеста можно получить путем отбора проб в горных выработках или на естественных обнажениях валовым или задириковым способом; при выдержанных и ориентированных в одном направлении прожилках асбеста хорошие результаты

дает бороздовый способ отбора проб; для опробования мелкопрожилкового и мелкосетчатого асбеста можно применять точечный способ. Керн разведочных скважин идет в пробу полностью, и чем больше диаметр бурового снаряда, тем более благоприятны условия определения содержания асбеста.

Пробы асбестовой руды подвергаются следующей обработке:

1) пробы мелкопрожилкового асбеста обрабатываются по простой схеме, обычной для твердых полезных ископаемых;

2) богатые сорта с высококачественным асбестом обрабатываются со вспомогательным грохочением для разделения материала пробы на две фракции — «крупнокусковую» с длиноволокнистым асбестом и «мусор», содержащий низкие сорта волокон;

3) особенно ценные сорта асбестовой руды — «крыуд» и сорт I — обрабатываются с ручной разборкой.

Сокращенная и подготовленная для лабораторных испытаний проба имеет массу 50—60 кг для длиноволокнистого асбеста и 30—40 кг для средних и низших сортов руды.

Минимальным промышленным содержанием при подсчете запасов полезного ископаемого принято содержание 1% в высококачественных сортах.

## 9. РАЗВЕДКА ДЖИДИНСКОГО ЖИЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОЛЬФРАМА

Джидинское месторождение находится в пределах одного рудного поля с Первомайским штокверковым месторождением. Оно было открыто в 1932 г. при проведении геологической съемки района. В геологическом строении месторождения принимают участие породы эффузивно-осадочной толщи кембрия, прорванные кварцевыми диоритами нижнего палеозоя. В область контакта кембрийской толщи и кварцевых диоритов в мезозое внедрялись интрузии лейкократовых гранитов и гранит-порфиров, сиенитов и кварцевых сиенитов.

Жильные тела месторождения, число которых достигает 200, имеют самые различные размеры: от десятков до первых сотен метров; некоторые прослеживаются на протяжении более 1 км по простиранию. Большинство жил залегает в кварцевых диоритах, реже они встречаются в сланцах и гранит-порфирах. Преимущественное простирание жил широтное с углами падения от 45 до 80°. Их мощности сильно изменчивы — от 12 м в раздувах до полного выклинивания в пережимах.

Выявленные при геологической съемке особенности жильных тел и условия их залегания послужили обоснованием методики проведения разведочных работ. Предварительная разведка началась с проходки магистральных канав длиной до 500 м через 100—200 м друг от друга. Вскрытые магистральными канавами жилы прослеживались короткими канавами через 10 м. Для установления элементов их залегания и тщательного опробования проходились сплошные расчистки по простиранию до 30 м. Глубина канав и траншей-расчисток колебалась от 1 до 3,5 м.

Разведка жил на глубину проводилась скважинами колонкового бурения (рис. 121). Расстояние между ними было принято по простиранию 100—200 м, а по падению 50—75 м. Наибольшая глубина подсечения жилы составила 385 м.

Детальная разведка месторождения осуществлялась горными выработками в сочетании с горизонтальными скважинами подземного бурения. Условия рельефа позволили применить разведку штольными по горизонталям через 56—70 м по вертикали, где проходились штреки с рассечками и серии горизонтальных скважин. Подземное

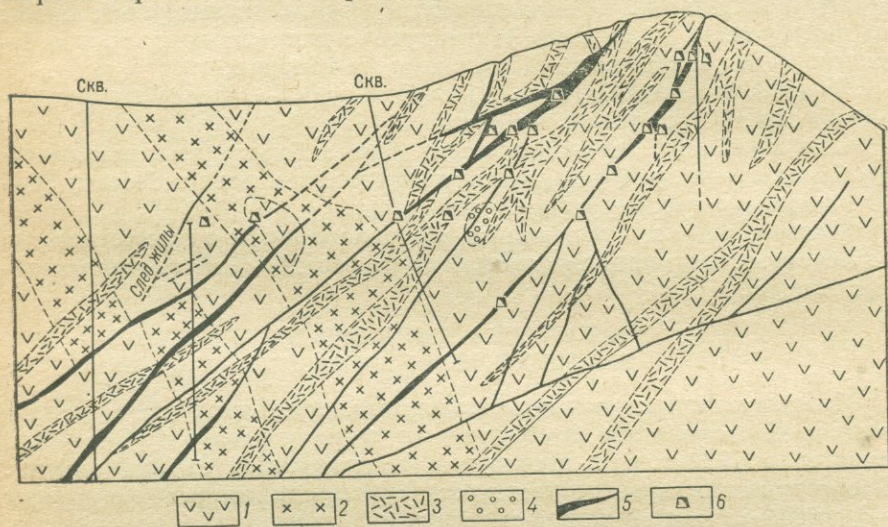


Рис. 121. Разведка глубинных частей Холтосонского месторождения скважинами колонкового бурения и горными выработками (по Н. И. Доровских)

1 — кварцевые диориты; 2 — гранит-порфиры; 3 — порфиры; 3 — горнблендиты; 5 — кварцевые жилы; 6 — горные выработки!

горизонтальное бурение преследовало цель разведки междужильного пространства; скважины задавались из специальных камер, расположенных в штреке, через 50—100 м и бурились длиной до 150 м. В связи с тем, что часть жильных тел не имеет выходов на поверхность, то такие скважины и рассечки из штреков способствовали обнаружению новых слепых жил.

В первый период разведки опробование в канавах производилось задирковым способом. Задирковые пробы отбирались на протяжении 2—4 м по дну канавы при глубине вначале 15 см, а затем до 5 см. В подземных горных выработках опробование проводилось валовым способом; пробы отбирались через 1—3 м по штреку с уходки длиной 1 м.

После проведения экспериментальных работ по сравнению результатов опробования разными способами была доказана возможность замены задирковых и валовых проб борздовыми. В забоях составлялись объединенные пробы из 2—3 борздовых сечением 5 × 10 см.

Интервал опробования по простиранию жилы составлял от 1 до 3 м.

Наличие пережимов в жильных телах привело к необходимости введения для подсчета запасов коэффициента рудоносности, который для различных жил принимался от 0,3 до 0,8.

Подсчет запасов проводился в верхних частях жил, рассеченных подземными горными выработками по эксплуатационным блокам.

Запасы в блоках, оконтуренных с четырех сторон горными выработками, относились к категориям А и В. Ниже подсчитывались запасы по категории С<sub>1</sub>, подвешенные к последнему горизонту горных выработок и опирающиеся на разведочные пересечения буровыми скважинами. По категории С<sub>2</sub> квалифицированы запасы экстраполированные, определенные по геологическим соображениям и единичным пересечениям скважинами колонкового бурения в самых глубинных частях рудных жил.

#### 10. РАЗВЕДКА ФЛЮОРИТОВЫХ ЖИЛ

Калангуевское флюоритовое месторождение (Забайкалье) представлено крупной жилой, залегающей в юрских песчаниках и сланцах. Жила сечет вмещающие слоистые породы и падает круто на северо-восток.

На поверхности по пологому склону невысокого увала были найдены глыбы брекчий с крупными кристаллами разноцветного, преимущественно фиолетового, флюорита. Минерализованная зона прослеживалась поперечными канавами через 10—20 м до полного выклинивания в обе стороны. Высокое содержание флюорита в обнаруженной крупной жиле определило целесообразность ее разведки.

Месторождение вначале разведывалось скважинами колонкового бурения по профилям, расположенным на 100—200 м друг от друга. В каждом профиле проходило обычно по три скважины до глубин 50, 100, 150 м. Почти все скважины встретили флюоритовую жилу. Эти разведочные данные позволили определить масштабы и промышленную перспективу месторождения. Так была завершена его предварительная разведка.

Детальная разведка месторождения предшествовала непосредственно его отработке и выполнялась уже с применением подземных горных выработок. С лежачего бока жилы была пройдена шахта сечением 12 м<sup>2</sup>, из которой через 50 м по глубине проходились кваршлагги, служившие подходными выработками к жиле. На каждом разведочном горизонте, превращавшемся затем в эксплуатационный, проводились штреки по руде с рассечками в мощных участках жилы—раздувах. Из штреков через 50—60 м пройдены восстающие, прослеживающие жилу между горизонтами и ограничивающие эксплуатационные блоки. С последнего горизонта из удлиненных кваршлаггов проходились разведочные скважины подземного колонкового бурения до глубин 450—500 м (рис. 122).

Опробование для химических анализов проводилось бороздвое в горных выработках и по керну буровых скважин. Длина интервалов отдельных проб обычно 0,5—1 м. Сечение борозды 10 × 5 см. Анализы проб делались на фтористый кальций  $\text{CaF}_2$  и кремнезем  $\text{SiO}_2$  и, кроме того, выборочно на попутные компоненты Ba, Pb, Zn, Hg.

Определение объемного веса руд, кусковатости и других физических свойств полезного ископаемого выполнялось по валовым пробам из горных выработок. На технологические испытания отбирались валовые пробы: для лабораторных испытаний весом 100—200 кг, для промышленных опытов — по несколько тонн.

Подсчеты запасов по завершении предварительной разведки выполнялись среднеарифметическим способом по жиле в целом. На участках детальной разведки, осуществляемой при помощи подземных горных выработок, запасы подсчитывались по эксплуатационным блокам.

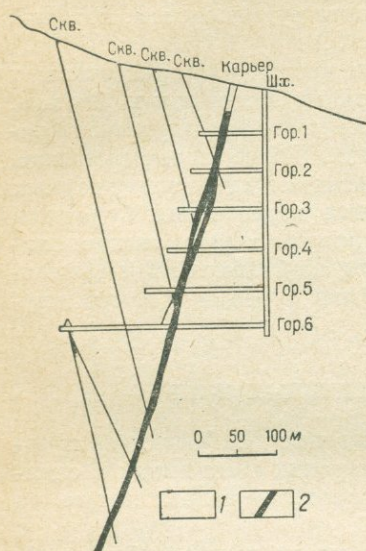


Рис. 122. Разведочный разрез Калангуевского месторождения флюорита  
1 — песчаники и глинистые сланцы юрские; 2 — флюоритовая жила

## 11. РАЗВЕДОЧНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ

Хрусталеносная зона в Якутии представляет собой довольно значительное месторождение, которое в течение нескольких лет разведывалось с попутной добычей из хрусталеносных погребов, вскрытых разведочными выработками. Это месторождение залегает среди крупнозернистых кварцитов, слагающих сопку, покрытую небольшим слоем крупноглыбового делювия. В делювиальных отложениях и было найдено несколько кристаллов горного хрусталя, послуживших основанием для постановки разведочных работ.

Разведка началась серией канав, обнаруживших кварцевые жилы широтного простирания на протяжении 150 м. При этом были встречены небольшие гнезда горного хрусталя высокого качества как в коренном залегании, так и в обломках среди делювиально-элювиальных свалов. Дальнейшее прослеживание жильной зоны осуществлялось карьерами и траншеями из них вдоль зоны, что обеспечивало достаточное ее освещение и частичную отработку с поверхности на полную мощность и длину. В результате было установлено, что жильная зона имеет падение очень крутое и пересекает всю сопку

с запада на восток. Эти первоначальные поисково-разведочные работы, сопровождавшиеся валовым опробованием значительной горной массы, позволили оценить качество полезного ископаемого и предположить распространение хрусталеносных кварцевых жил на значительную глубину.

Дальнейшая разведка жильной зоны проводилась системой горизонтальных разрезов штольнями, соединявшимися при помощи восстающих (рис. 123). Из нижней штольни были заданы два гезенка, установившие выклинивание хрусталеносной зоны на глубине, в нижележащем горизонте кварцитов. Расстояния между горизонтами штолен составляли 10—20 м. Ввиду крайней прерывистости и неравномерности распределения хрусталеносных кварцевых жил и скоплений хрустала в небольших погребках, беспорядочно разбросанных

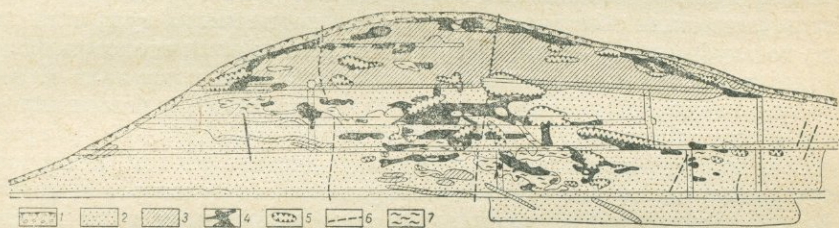


Рис. 123. Схема разведки месторождения горного хрустала подземными горными выработками (разреза в плоскости падения жильной зоны) (по А. С. Гудкову)

1 — растительный слой и делювий; 2 — кварциты массивные с блоками гнейсов, пегматитов и плоскостями, заполненными глинистым материалом; 3 — кварциты слоистые; 4 — кварцевые жилы; 5 — хрусталеносные гнезда; 6 — пегматиты в тектонических трещинах; 7 — глины зеленые

в пределах зоны, подсчет запасов горного хрустала был выполнен по категориям  $C_1$  и  $C_2$ . Результаты отработки месторождения показали, что величина подсчитанных запасов занижена на 70% по сравнению с добытым минеральным сырьем.

## 12. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АШШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Комплекс геологоразведочных работ на нефть в Азербайджане делится на два этапа: поиски месторождений с применением геофизических и геохимических методов и второй — промышленная разведка обнаруженного месторождения.

В начальный период в течение длительного времени изучалось геологическое строение территории с целью выяснения тектонических структур и условий, благоприятных для нефтенакопления. Размещение глубоких разведочных скважин определяется в основном формой и размерами структуры с учетом возможных залежей нефти в ее пределах. Систематическое изучение нефтеносности Ашшеронского полуострова началось в 1827 г., а разработка нефтяных залежей

при помощи бурения начата в 1871 г. В соответствии с прогрессом буровой техники возрастали глубины исследований со 100—280 м в 1930 г. до 500 м в последующем и, наконец, с выпуском усовершенствованного станка УБШ-1 скважины стали бурить до глубин 1800—2000 м.

Большое значение для поисков нефтяных месторождений и при разведочном бурении получили геофизические методы. Первым из них была гравиметрия. С 1926 по 1951 г. вся территория Азербайджана и некоторые прибрежные площади, покрытые морем, были закартированы маятниковой съемкой. Данные гравиметрии в комплексе с магнитометрией позволили выделить крупные тектонические элементы структуры земной коры: прогибы и поднятия. Электрометрия применялась главным образом в виде симметричного профилирования с редкой сетью вертикального зондирования (ВЭЗ). Данные электрометрии позволили обнаружить некоторые поднятия на суше и на дне моря до глубины 1,5—2 км. Наиболее эффективным методом поисков нефтяных месторождений стала сейсмометрия. Она позволила со значительной точностью определять глубины залегания и углы наклона толщ и отдельных горизонтов в глубинном геологическом разрезе. Почти всюду, где проводились сейсмометрические работы, построены структурные схемы отложений Апшеронского полуострова и других районов, дающие представление о составе и тектонике толщ до глубин 4—6 км. Поэтому данные сейсмометрии являются основными при проектировании и проведении глубокого разведочного бурения.

С 1941 по 1953 г. на восточной части Апшерона проводилась газовая съемка. Там изучено шесть площадей, из которых в пяти получены положительные газовые аномалии: Маштаги, Мардакяны-Бузовны, Кала-Дюбенды, Тюркяны и Зыря. Последующее бурение показало, что местонахождение залежей нефти увязывается с газовыми аномалиями на поверхности. Таким путем были найдены четыре богатые залежи нефти: Маштагинская, Мардакяно-Бузовинская, Тюркянская и Зыринская.

В 50-х годах проводилась аэрофотосъемка в мелководной полосе Каспийского моря, примыкающей к Апшеронскому полуострову. В пределах этой полосы были получены аэрофотопланы с очень четким рисунком простирающихся пластов и свит и с рельефным отражением нарушений. Данные аэрофотосъемки повысили эффективность изучения геологического строения подводной части нефтеносного района.

Все перечисленные основные поисковые работы в течение многих лет приводили к открытиям месторождений в богатом Апшеронском нефтеносном районе.

Разведка выявленных нефтяных залежей отличается разнообразием ввиду различных природных условий их залегания. В качестве примера разведки глубоко залегающего месторождения ниже кратко рассматривается история разведочных работ на месторождении Зыря.

Изучение площади было начато постановкой сейсмометрии методом отраженных волн. На сейсмометрических профилях был уста-

новлен нечеткий антиклинальный изгиб пластов. Так была открыта погребенная Зыринская структура.

Открытие Зыринской структуры, теоретически предполагавшейся И. М. Губкиным на основании региональных тектонических

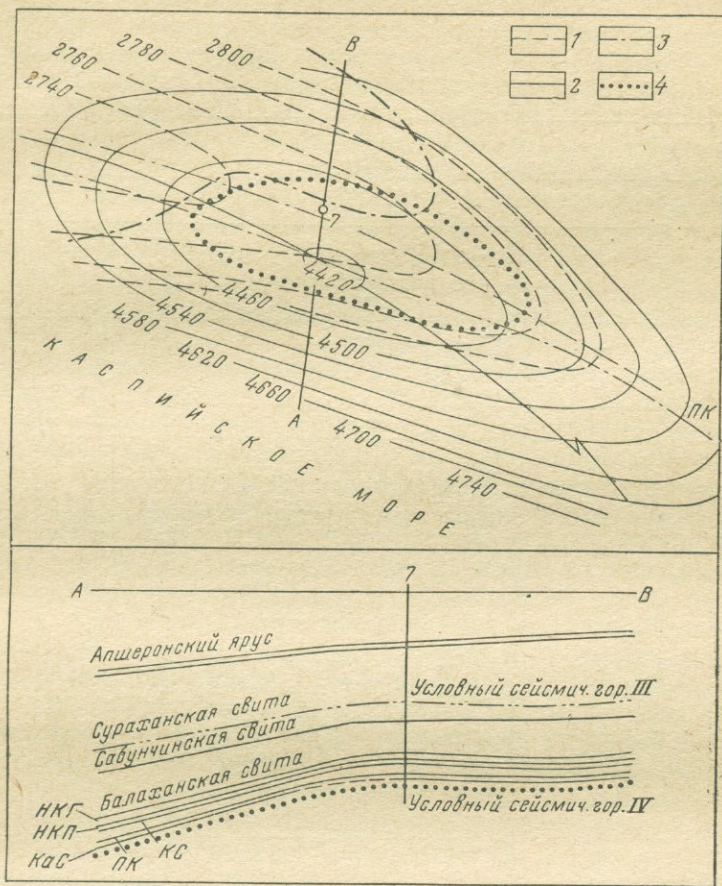


Рис. 124. Месторождение Зыря. Карта горизонтов продуктивной толщи по данным сейсмометрии и глубокого бурения (по Б. К. Бабазаде)

1 — горизонталы подошвы нефтеносного горизонта I; 2 — горизонталы кровли подкирманской свиты; 3 — горизонталы условного горизонта I (по данным сейсмометрии); 4 — горизонталы условного горизонта IV (по данным сейсмометрии)

построений, произошло не сразу. В 1941 г. в результате сейсмометрических работ было отмечено наличие структурной террасы в верхних слоях сураханской свиты на глубинах 2000—2500 м. До этой глубины были пробурены пять структурно-поисковых скважин, но они не дали ясного представления о предполагавшейся антиклинальной структуре. В 1945—1946 гг. продолжалось более детальное исследование

юго-восточной части Апшеронского полуострова методом сейсмических отраженных волн. Эти исследования велись на самые глубокие слои продуктивной толщи (до 5200 м). На основании всей совокупности сейсмических исследований выяснилось, что шарнир глубоко

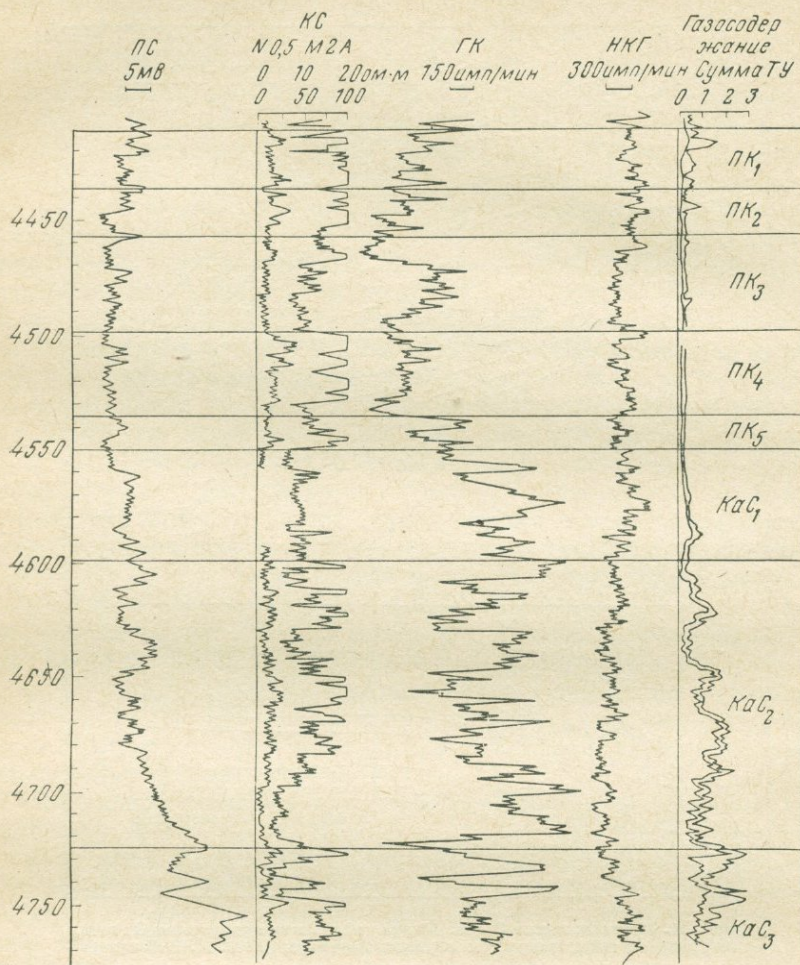


Рис. 125. Фрагмент диаграммы комплексных геофизических исследований, проведенных в скв. 7 на месторождении Зыря (см. рис. 124)

погружающейся Калинской складки резко меняет свое направление с меридионального на широтное, проходя южнее с. Зыря. И здесь на глубинах 4000—5200 м продуктивная толща представляет собой четкий антиклинальный перегиб.

Учитывая, что на Апшеронском полуострове залежи нефти сосредоточиваются обычно в пределах антиклинальных поднятий, на площади Зыря были заложены сверхглубокие поисково-разведочные сква-

жины. Первая из них, пробуренная до глубины 4812 м, в 1955 г. дала фонтан нефти.

Дальнейшая разведка заключалась в оконтуривании выявленных залежей. Эти работы позволили установить размеры и запасы нефти в свитах КАС, ПК и КС (рис. 124).

В процессе разведочного бурения скважин наряду с систематическим отбором проб в интервалах с промышленным притоком нефти и в других частях скважин велись непрерывные геофизические исследования. Важнейшими из них являются электрометрический и радиометрический каротажи. При помощи электрокаротажа представляется возможным приблизительно оценивать нефтегазонасыщенность пласта по коэффициенту сопротивления, значительно возрастающему в продуктивных пластах. Для таких определений используются данные бокового каротажного зондирования (БКЗ). На основании обработки материалов БКЗ, данных о минерализации вод и о пористости пластов могут быть сделаны заключения о характере жидкости, насыщающей пласт.

По данным электрокаротажа не всегда представляется возможным выделить нефтеносные и газоносные интервалы в разведочной скважине, например, когда продуктивные пачки представлены тонко переслаивающимися глинами и песчаниками, трещиноватыми коллекторами среди плотных известняков и др. В таких случаях вместе с электрокаротажем применяется радиоактивный каротаж (РК) в двух видах: гамма-каротаж (ГК) и нейтронный гамма-каротаж (НГК). Эти виды каротажа дают хорошие результаты для расчленения плотных карбонатных пород в разрезе. Кривая (ГК) дает возможность различать глинистые пласты с наибольшей интенсивностью гамма-излучения. По кривой (НГК) выделяются плотные и пористые пласты.

Результаты комплексных геофизических исследований в разведочных скважинах дают наибольший эффект в их геологической документации и в определении качественных показателей продуктивных пластов и свит. На рис. 125 показаны типичные кривые электрометрического и радиометрического каротажа, выполненного по продуктивной части разреза в одной из глубоких скважин, пройденной при разведке Зыринского месторождения.

### 13. РАЗВЕДКА ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ГУБКИНСКОЕ»

Губкинское газовое месторождение, расположенное на севере Тюменской области, было открыто в 1965 г.

Район месторождения представляет собой холмистую равнину. В его геологическом строении принимают участие мезо-кайнозойские отложения, перекрытые мощной (до 150 м) толщей рыхлых пород. Для поисков нефти и газа в описываемом районе геологическая съемка малоэффективна. Поэтому только комплексом региональных геологических, геоморфологических и геофизических работ удалось установить крупное антиклинальное поднятие, формирование которого происходило на границе эоцена и олигоцена. Это поднятие по-

аналогии с другими районами Западно-Сибирской низменности рассматривалось как возможная нефтегазоносная структура. Глубинное строение его было уточнено с помощью как мелкомасштабных, так и детальных геофизических работ, включающих аэромагнитную и аэрогравиметрическую съемки, которые позволили выделить большое количество антиклинальных перегибов в отложениях мезо-кайнозой. Площадными сейсморазведочными работами была охвачена антиклинальная структура — Губкинская, в разрезе которой отмечались мощные пласты-коллекторы, распространенные на значительной площади. Наличие нефтепроявлений в районе послужило основанием высокой оценки перспектив Губкинской структуры и постановки глубокого поисково-разведочного бурения.

Первоначальным проектом на перспективной площади предусматривалось бурение 12 скважин по четырем профилям, расположенным вкрест простирания структуры, с расстоянием между ними 12—15 км. Скважинами глубиной до 3250 м предполагалось изучить отложения осадочного чехла и вскрыть породы фундамента.

Поисково-разведочные работы на площади были начаты в январе 1965 г. бурением скважины в южной части поднятия. На глубине 773 м при подъеме инструмента произошел мощный газовый выброс, перешедший в открытый газовый фонтан.

С целью изучения залежи в 350 м восточнее аварийной скважины была пробурена еще одна, вскрывшая залежь на глубине 695—760 м. В результате бурения других скважин было выяснено, что крупная газовая залежь приурочена к терригенным отложениям сеномана, представленным сложно переслаивающейся толщей песчаников, песков, алевролитов, глин, обогащенных растительными остатками и перекрытых мощными глинистыми отложениями (рис. 126). На этом поисково-разведочные работы были закончены.

В новом проекте основной целью разведки являлась детализация сеноманской залежи с одновременным бурением нескольких поисковых скважин на прилегающих площадях. Предусматривалось бурение 30 разведочных скважин глубиной до 800 м с расстоянием между ними 5—7 км. Из первых 28 пробуренных скважин 22 оказались в пределах контура газоносности.

Газовая залежь является сводовой массивного типа, подстилающаяся подошвенной водой. Анализ проб газа показал, что содержание метана колеблется в пределах 97,4—99,25%, составляя в среднем 98,30%. В составе газа полностью отсутствуют тяжелые углеводороды (гексан, гептан), что указывает на отсутствие конденсата. Содержание углекислоты 0,56%, азота 0,92%, гелия 0,004%, аргона 0,006%. Относительный удельный вес газа 0,56;  $P_{кр} = 47$  кгс/см<sup>2</sup>;  $T = 191^\circ$  К. Вязкость газа при 1 кгс/см<sup>2</sup> и 20° С — 0,011 спз; при пластовых условиях ( $P_{кр} = 77$  кгс/см<sup>2</sup>,  $T = 20^\circ$  С) она равна 0,013 спз.

Подсчет запасов газа производился по формуле А. Л. Козлова:

$$V = F \cdot h \cdot m \cdot f \cdot P_0 \cdot d_0 \cdot \beta_r \cdot \eta_r$$

где  $V$  — промышленные запасы газа, м<sup>3</sup>;  
 $F$  — площадь в пределах начального контура газоносности, м<sup>2</sup>;  
 $h$  — средняя эффективная газонасыщенная мощность, м;  
 $m$  — средний коэффициент открытой пористости;  
 $P_0$  — среднее начальное абсолютное пластовое давление, кгс/см<sup>2</sup>;  
 $d$  — поправка на отклонение углеводородных газов от закона Бойля — Мариотта для давления  $P_0$ ;  
 $f$  — поправка на температуру;  
 $\beta_r$  — коэффициент газонасыщенности в долях единицы;  
 $\eta_r$  — коэффициент газоотдачи.

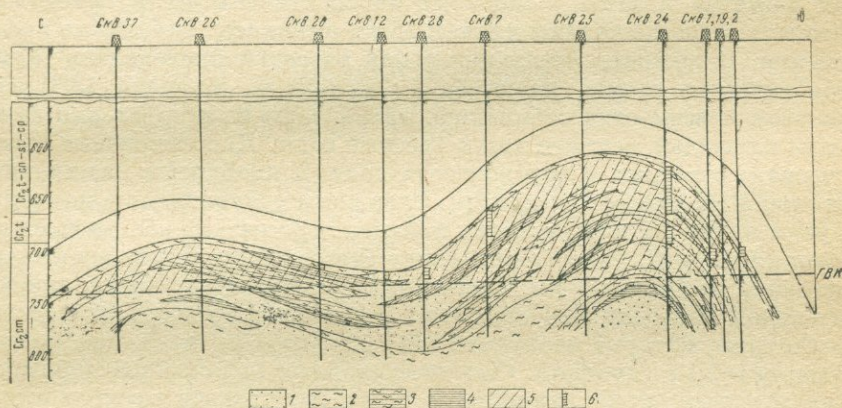


Рис. 126. Геологический разрез продуктивного горизонта Губкинского месторождения  
 1 — пески и алевролиты рыхлые, хорошо проницаемые; 2 — пески и песчаники проницаемые; 3 — частое переслаивание хорошо и слабо проницаемых пластов песчаников, алевролитов и глин; 4 — глины; 5 — газонасыщенная часть пласта; 6 — интервалы опробования скважин

Подсчитанные запасы газа составили по категориям: В — 250 млрд. м<sup>3</sup>, С<sub>1</sub> — 76 млрд. м<sup>3</sup>. Общие запасы — 326 млрд. м<sup>3</sup>.

#### 14. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ГРУНТОВЫХ ВОД В ДОЛИНЕ Р. ТОКРАУ

В долине р. Токрау, впадающей в оз. Балхаш в Казахстане, проведены поиски и разведка воды для снабжения г. Балхаш. Район работ характеризуется резко континентальным климатом полупустыни с малым количеством атмосферных осадков. Речная сеть в Прибалхашье в большей своей части не имеет постоянного стока.

Подземные воды приурочены к аллювиальным отложениям долины Токрау, имеющей ширину 15—16 км. Эта долина врезана в слабо проницаемую эффузивно-осадочную толщу палеозоя; в южной части участка исследования дно долины сложено третичными песчано-глинистыми отложениями. Мощность аллювиальных отложений в осевой части долины до 30 м, в краевых частях она уменьшается до 5 м.

Водоносный горизонт в аллювии питается за счет паводковых вод в течение 1—3 месяцев в году. Ширина грунтового потока в пределах участка разведки оказалась 7—9 км.

В 1955 г. вдоль долины Токрау было проведено рекогносцировочное обследование на протяжении около 100 км. Основанием послужили работы Ленинградского гидрологического института, проведенные в небольшом объеме в этом районе в 1930—1931 гг. Обобщение материалов рекогносцировочного обследования и данных прежних изысканий позволило рекомендовать для предварительной разведки участок долины длиной 70 км.

За 1955—1958 гг. на выбранном участке проведена предварительная разведка и затем в наиболее перспективной части грунтового потока на отрезке долины длиной 25 км выполнены детальные исследования. В процессе предварительной разведки проводилась гидрологическая съемка масштаба 1 : 50 000 на площади 1380 км<sup>2</sup>; при этом повсеместно отбирались пробы воды из шурфов для выявления площадей, заключающих пресные воды. Для выяснения геологического строения и водоносности долины пробурены разведочные скважины по четырем профилям. Скважины углублялись в коренные породы на 3—5 м для гарантии полного пересечения обломочных отложений долины. Расстояния между этими поперечными профилями составили от 10 до 15 км. Всего было пробурено на участке предварительной разведки 450 скважин. В процессе бурения отбирались пробы воды, которые позволили охарактеризовать изменение минерализации воды с глубиной. Основные свойства водоносного горизонта исследовались путем одиночных и кустовых откачек продолжительностью — первые 6—15 суток, вторые 10—46 суток.

Важнейшим вопросом, который требовалось решить при разведке подземных вод в полупустынном климате Прибалхашья, явился вопрос о восполнении запасов подземных вод. С этой целью была организована метеорологическая станция, на которой проводились систематические наблюдения в течение 2 лет и 7 месяцев.

Детальная разведка проведена в северной части предварительно разведанной долины, которая характеризуется наибольшей шириной потока пресных грунтовых вод. Эта часть месторождения намечена для предполагаемого водозабора и на ней пробурено 120 скважин детальной разведки, размещенных по 7 профилям поперек долины. Расстояния между профилями от 2,5 до 6 км, а скважины в профилях пробурены в 500—1000 м друг от друга. Глубины разведочных скважин от 15 до 30 м. Наблюдательные скважины, которыми нет необходимости пересекать всю мощность водоносного горизонта, пробурены до глубин 6—10 м. В период детальной разведки было проведено 59 одиночных и кустовых откачек и в их числе проведены опытно-эксплуатационные откачки продолжительностью по 80 суток. Намеченная схема водозабора составлена из трех продольных рядов скважин и одного поперечного, что обеспечивает полный перехват грунтового потока по всей ширине долины.

Определение эксплуатационных запасов подземных вод выполнено для водоносного пласта по методике Ф. М. Бочевера.

Суммарный дебит поперечного ряда скважин на профиле длиной 8 км отнесен к категории А. Дебит 15 скважин продольного ряда ввиду отсутствия опыта эксплуатации подземных вод в таких условиях считается по категории В. Дебит двух других продольных рядов скважин относится к категории С<sub>1</sub>. Разность между запасами вод, определенными по гидрологическим данным и суммарным расходом всех четырех рядов скважин, квалифицирована по категории С<sub>2</sub>.

Кроме того, на участке детальной разведки выполнен расчет восполнения запасов грунтовых вод за счет паводков по методике Н. Н. Варигина.

### 15. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТРЕЩИННО-КАРСТОВЫХ ВОД В КАЗАХСТАНЕ

Месторождение находится в полупустынной зоне со среднегодовым количеством атмосферных осадков 120—145 мм. Родники в районе весьма редки. Таким образом, поиски ориентировались на обнаружение «слепых залежей» подземных вод.

Район месторождения представляет собой всхолмленную степь с абсолютными отметками 550—650 м, постепенно возрастающими на север до 800—900 м, где находится область питания горизонта подземных вод. Геологически этот район сложен осадочными отложениями палеозойского возраста, которые образовали крупную антиклинальную складку меридионального простирания. В ядре складки обнажаются кристаллические породы докембрия, песчано-сланцевая толща силура и девона. Крылья антиклинали, осложненные складчатостью второго и третьего порядков, сложены отложениями верхнего палеозоя. Месторождение трещинно-карстовых вод приурочено к пологой брахиантиклинальной складке третьего порядка на южной окраине главной складчатой структуры; оно является почти замкнутым бассейном (рис. 127).

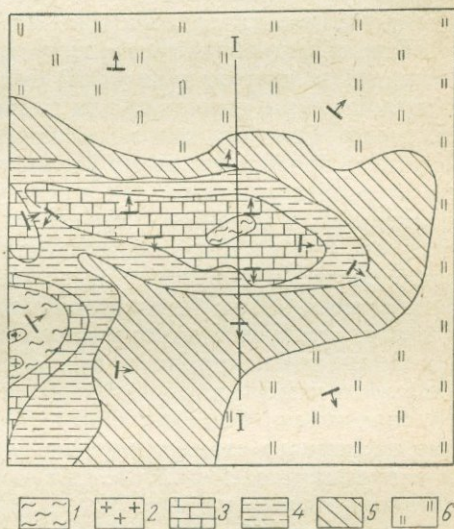


Рис. 127. Схематическая геологическая карта бассейна трещинно-карстовых вод

- 1 — метаморфические сланцы; 2 — граниты;  
3 — известняки, в пределах которых формируется бассейн трещинно-карстовых вод;  
4 — песчаники и сланцы; 5 — мергели; 6 — глины и мергели

Наибольшие ресурсы воды сосредоточены в толще известняков нижнего карбона мощностью 800—900 м. Эта толща сложена светлыми известняками с прослоями глинистых сланцев в своей верхней части, которые являются водонепроницаемыми. Нижние желтоватые известняки характеризуются интенсивной трещиноватостью и широко развитым карстом. Известняковая толща за пределами месторождения на севере, востоке и юге погружена под более молодые песчано-сланцевые отложения.

В районе распространены подземные воды двух типов: 1) трещинно-грунтовые воды песчано-сланцевой толщи силура — девона и 2) трещинно-карстовые воды известняков нижнего карбона. Первые находятся за пределами собственно месторождения к северо-западу и обнаруживаются в ядре главной антиклинали; они накапливаются в области питания бассейна трещинно-карстовых вод и служат важным источником пополнения последнего. Но сами по себе трещинно-грунтовые воды большого значения не имеют, так как они рассредоточены на больших площадях и не составляют значительных эксплуатационных запасов.

Трещинно-карстовые воды, образующие рассматриваемое месторождение, явились предметом исследований при поисках и затем разведывались для водоснабжения горного предприятия.

Поиски воды начались с гидрогеологической съемки на большой площади, в пределах которой были обнаружены водопроявления, заслуживающие внимания для дальнейших исследований. Так были выявлены благоприятные геологические структуры, которые подвергались более детальному изучению с постоянными гидрометрическими исследованиями. На таких участках выполнена структурно-геологическая съемка и проведено бурение поисково-разведочных скважин. Эти работы показали, что в сводовой части известняковой толщи распространены крупные и многочисленные карстовые полости, вытянутые вдоль по напластованию известняков. В итоге было установлено, что по восточному крылу главной антиклинали в известняках формируется крупный бассейн трещинно-карстовых вод, замыкающийся к югу ввиду погружения складки в южном направлении. Протяженность бассейна около 50 км, питание его происходит за счет подземного стока трещинно-грунтовых вод, которые поступают из северных частей района. Общее движение водного потока в зоне трещинно-карстовых вод ориентировано с севера на юг, согласуясь с понижением абсолютных отметок рельефа. После того как были установлены трещинно-карстовые воды на большой площади распространения и намечались границы бассейна, была начата разведка.

Разведка состояла в основном в бурении разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин с откачками разного рода. Разведочный участок был выбран в самой южной части бассейна, где трещинно-карстовые воды имеют замедленный подземный сток.

На разведочном участке карсты, заполненные водой, были вскрыты на глубинах 17—25 м. Поисково-разведочные скважины на западном крыле антиклинали вскрыли карстовые воды на глубинах от

19 до 29 м. В итоге было проведено бурение по всему поперечному профилю водоносной антиклинальной структуры (рис. 128). Эти скважины по разведочному поперечнику выявили весьма неравномерную водообильность в разных пунктах водоносной толщи: удельные дебиты воды по скважинам изменялись от 0,42 до 17,7 л/сек.

Опробование водоносного горизонта производилось откачками из одиночных скважин, расположенных на 500—600 м друг от друга. На таких расстояниях исключалось взаимное влияние соседних скважин на уровень грунтовых вод. В поисково-разведочных скважинах проводились кратковременные пробные откачки. Химические анализы трещинно-карстовых вод из сводовой части антиклинальной структуры показали малую минерализацию — от 350 до 900 мг/л, жесткость воды от 6 до 20 нем. град. В краевых частях бассейна, где толща известняков погружается под визейские песчаники и сланцы, общая минерализация повышается — твердый остаток 1500—2000 мг/л.

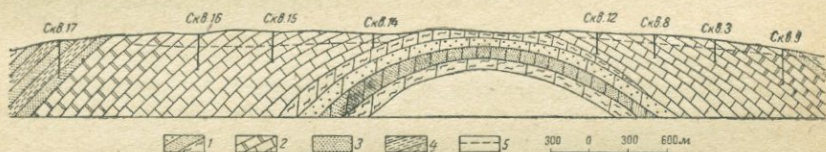


Рис. 128. Геологический разрез по поперечнику I—I (к рис. 127, по С. К. Калугину)  
1 — песчаники, сланцы, конгломераты; 2 — известняки; 3 — песчаники; 4 — мергели; 5 — статический уровень трещинно-карстовых вод

Подсчет естественных запасов трещинно-карстовых вод в пределах разведанной площади произведен на основании гидрометеорологических исследований и количественных определений трещиноватости и закарстованности известняков. Статические запасы подземных вод в карстах и трещинах подсчитаны по следующим параметрам: площадь распространения водного бассейна — 350 км<sup>2</sup>, принятая в расчет мощность водоносной толщи — 150 м, средний коэффициент водоотдачи — 0,027. При этих условиях запасы воды составили около 1,5 млрд. м<sup>3</sup>.

Для более полной оценки разведанного бассейна учтена величина ежегодного его пополнения за счет инфильтрации атмосферных осадков. С этой целью на трех участках проводились метеорологические наблюдения за летними осадками, накоплением зимних осадков, поверхностными стоками и инфильтрацией. Этими исследованиями установлено, что на площади бассейна его водные запасы пополняются за зимний период на 11,8 млн. м<sup>3</sup>, а величина среднегодового пополнения составляет 340 л/с.

Эксплуатационные запасы трещинно-карстовых вод по промышленным категориям определялись в пределах разведочного участка по данным опытных и пробно-эксплуатационных откачек. Суммарный дебит наиболее водообильных скважин здесь составил 90 л/сек,

и эта величина квалифицирована в качестве эксплуатационного запаса воды по категории А. Расход воды из других скважин, полученный с помощью экстраполяции в количестве 20 л/сек, отнесен к категории В. Эксплуатационные запасы воды по категории С<sub>1</sub> были определены для западного крыла складки методом аналогии с восточным крылом в размере 120 л/сек. Следовательно, общая сумма эксплуатационных запасов трещинно-карстовых вод по промышленным категориям на разведочном участке составила 230 л/сек. В то же время для этого участка рассчитаны естественные статические запасы вод в количестве 336 млн. м<sup>3</sup> и определено среднегодовое пополнение запасов в сумме 285 л/сек. Таким образом, разведанное месторождение является устойчивым источником водоснабжения в размерах подсчитанных эксплуатационных запасов воды.

## ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Геолого-экономическая характеристика месторождения полезного ископаемого основывается на выявленных его запасах, поэтому способам подсчета запасов в данном разделе уделено наибольшее внимание. Вопросы промышленной оценки месторождений изложены кратко — для общего представления о геолого-экономической характеристике объектов разведки. В заключение дано понятие об экономической эффективности разведки месторождений полезных ископаемых, связанное с геолого-экономической их характеристикой.

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Запасы полезного ископаемого** — понятие геологическое и горно-техническое. Оно характеризует и массу ископаемого, выраженную в весовых или в объемных единицах, и его качество в отношении использования в том или ином направлении. Запасы полезного ископаемого рассматриваются в конкретных формах и условиях залегания геологических тел, что определяет и характер горных работ для добычи этого полезного ископаемого.

Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются и учитываются по наличию их в недрах без вычета потерь при добыче и переработке и без учета возможного разубоживания полезного ископаемого пустой породой в процессе отработки природных его скоплений.

Качество полезного ископаемого определяется в зависимости от его назначения и технологии переработки с учетом использования всех ценных компонентов. Оно выражается в сортах минерального сырья, получаемого при разработке месторождения.

По народнохозяйственному значению запасы полезных ископаемых делятся на две группы, подлежащие раздельному подсчету и учету: **б а л а н с о в ы е**, использование которых экономически целесообразно в данное время, и **з а б а л а н с о в ы е**, которые в данное время невыгодно добывать вследствие весьма малого содержания в них ценных компонентов либо особой трудности и сложности добычи и переработки, но которые могут быть использованы при крайней необходимости или в связи с развитием техники в будущем.

Подсчет запасов — завершающая операция разведки месторождения или его части и производится обычно в конце каждой стадии разведочного процесса.

Основной задачей подсчета запасов является выяснение количества и качества полезного ископаемого в недрах на основании проведенной разведки. Кроме этой основной задачи при подсчете запасов полезного ископаемого дается пространственное распределение запасов в пределах разведанного месторождения или его частей; необходима также характеристика горнотехнических условий разработки месторождения — глубины и элементов залегания тел полезных ископаемых, обводненности месторождения, крепости и устойчивости полезного ископаемого и вмещающих горных пород.

Все вышеуказанные определения и характеристики производятся с различной степенью достоверности в зависимости от стадии разведки месторождения в целом и по отдельным участкам в зависимости от детальности исследований каждого из них. Ввиду этого при подсчете запасов полезного ископаемого устанавливается достоверность подсчитываемых запасов, которая выражается соответствующими категориями их классификации (А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>).

В качестве дополнительных сведений при подсчете запасов полезного ископаемого могут быть представлены соображения о народнохозяйственном назначении выявленных запасов, об экономической эффективности выполненных разведочных работ и в итоге — о предварительной оценке промышленного значения разведанного месторождения. Все эти сведения и соображения будут полезны при окончательных решениях об использовании запасов полезного ископаемого, очередности освоения разведанного месторождения и оценке эффективности разведок. Они могут быть учтены при проектных разработках и промышленно-экономических расчетах в соответствующей отрасли горной промышленности.

**Промышленные условия (кондиции)** представляют собой определенные требования промышленности к месторождениям полезных ископаемых, соблюдение которых позволяет рассматривать пригодным объект разведки для промышленного использования. Таким образом, с помощью кондиций оказывается возможным разделить объекты разведки на промышленные и непромышленные уже при первом подсчете запасов полезного ископаемого.

Вследствие специфических особенностей твердых и жидких полезных ископаемых промышленные условия для тех и других существенно различны. Здесь кратко рассмотрена только суть кондиций для твердых полезных ископаемых, излагаемая ниже согласно перечню, утвержденному Госпланом СССР.

**Б ор т о в о е с о д е р ж а н и е** полезного компонента есть его содержание в промышленном контуре рудного тела. Это условное наименьшее содержание полезного компонента в пробе, отделяющей

промышленную балансовую руду от забалансовой или пустой вмещающей породы. Для нерудных полезных ископаемых в качестве бортового может служить наименьшее значение основного качественного показателя на периферии залежи.

Устанавливается бортовое содержание полезного компонента для тел, не имеющих четких геологических границ, на основе вариантных технико-экономических расчетов или по аналогии с разведанными и разрабатываемыми месторождениями подобного типа.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента это такое его содержание в подсчетном блоке, при котором данное минеральное сырье является пригодным для промышленного использования. Величина минимального среднего содержания зависит от ценности полезного компонента и возможности его извлечения из руды. Она устанавливается из условия безубыточной разработки месторождения путем соответствующих технико-экономических расчетов. Для вычисления содержания суммы полезных компонентов в комплексной руде применяются переводные коэффициенты между компонентами различной ценности.

Нижний предел содержания полезного компонента (или основного качественного показателя) представляет собой такую концентрацию полезного компонента в пробе, которая еще относится к скоплению полезного ископаемого, но не дает основания считать ее промышленной. Такие показатели качества полезного ископаемого служат вехами для оконтуривания забалансовых запасов.

Максимально допустимое содержание вредных примесей характеризуется большим разнообразием и находится в постоянной зависимости от направления, в котором используется минеральное сырье, и от технологии его переработки. Поэтому «вредные» в одном случае компоненты руды могут оказаться полезными в другом. Следовательно, перечень и допустимые содержания «вредных» примесей регламентируются потребителями минерального сырья или условиями его переработки.

Минимальный выход товарной продукции представляет собой лимит, устанавливаемый технологией переработки или сортировки добытого полезного ископаемого. Для большинства металлических руд такой лимит вытекает из возможности их обогащения. Для других видов минерального сырья, например для слюды или оптических минералов, минимальный выход зависит от возможности извлечения минералов требуемого качества.

Попутные компоненты, подлежащие наряду с основными обязательному учету с подсчетом их запасов, устанавливаются в зависимости от потребности и возможности их извлечения. Всякое полезное ископаемое — руда или уголь, пески россыпей или массивы строительного камня — состоит из многих химических элементов и минеральных видов в различных соотношениях. Из этого большого числа компонентов должны быть выявлены и учтены лишь те, которые могут иметь промышленное значение в данных природных

образованиях и при современном уровне развития техники. Установление перечня учитываемых компонентов полезного ископаемого осуществляется на основании предшествующего опыта горной промышленности с учетом перспективы развития техники и потребностей в минеральном сырье на ближайшее время.

Допустимый коэффициент рудоносности (продуктивности) представляет собой такой предел отношения между разобщенными скоплениями полезного ископаемого и массой пустой породы, при котором еще возможна разработка месторождения или его части. Если возможна селективная отработка полезного ископаемого или сплошная выемка рудной и нерудной массы с последующим обогащением или сортировкой, то, несмотря на высокую степень прерывистости месторождения и малую долю руды относительно пустой породы, такое месторождение может быть промышленным объектом. Минимальный коэффициент рудоносности устанавливается из опыта разработки аналогичных месторождений.

Минимальная мощность тела полезного ископаемого, при которой оно подлежит отработке, определяется ценностью минерального сырья и горнотехническими условиями отработки данного месторождения. Чем богаче руда, тем меньшей мощности рудное тело может быть отработано с выгодой. Чем уже очистное пространство и, следовательно, чем меньше будет добываться с рудой пустой породы, тем меньшей мощности рудное тело можно отработать.

Максимальная мощность прослоев пустых пород, которые не выделяются при эксплуатации и подсчете запасов и отрабатываются вместе с прилежащими рудами, устанавливается из опыта. Она может быть также рассчитана в зависимости от богатства руд, для которых включение пустых пород в добытую рудную массу не снизит заметно качества минерального сырья.

Возможная глубина отработки месторождения открытым способом и допустимое при этом соотношение объемов вскрышных пород и объемов полезного ископаемого задается из опыта отработки подобных месторождений. Для тех частей месторождения, которые будут отрабатываться открытым способом, перечисленные выше промышленные условия выражают обычно более или менее сниженные требования к качеству полезного ископаемого по сравнению с частями месторождения, предназначенными для подземной отработки.

## 2. ТОЧНОСТЬ ПОДСЧЕТА И ДОСТОВЕРНОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ЗАПАСОВ

Всякий подсчет запасов полезного ископаемого выполняется с некоторой погрешностью, которая прежде всего зависит от изменчивости морфологических свойств месторождения (прерывистости, извилистости контуров тел, колебаний мощности и элементов залегания) и качества полезного ископаемого (содержаний полезных ком-

понентов или других качественных показателей). Чем сложнее месторождение, чем изменчивее формы тел и величины содержаний полезных компонентов, тем больше может быть расхождение между действительными и подсчитанными запасами в его пределах.

С другой стороны, величина погрешности подсчета запасов зависит от детальности исследований объекта разведки. Чем больше выполнено разведочных наблюдений (измерений, проб) и чем гуще разведочная сеть, тем меньше погрешность определения запасов полезного ископаемого на одном и том же объекте разведки.

Величина погрешности подсчета запасов полезного ископаемого могла бы служить мерой их достоверности, если бы возможно было определять значение погрешности достаточно точно. Однако истинное значение погрешности подсчета запасов установить невозможно, так как истинное количество запасов, заключенное в разведанном объекте, никогда не известно. Поэтому в практике разведочного дела принято ограничиваться выяснением весьма приближенного значения возможной погрешности определения запасов. Вариационная статистика позволяет определить некоторые предельные значения погрешностей с той или иной вероятностью, по которым и приходится судить о возможной величине конкретной погрешности в каждом случае.

Чтобы найти приближенное значение погрешности подсчета запасов, используются данные опыта разведки аналогичных месторождений и анализируются различные составляющие этой суммарной погрешности. Погрешности определения площади объекта разведки, погрешности определения средних величин мощности, объемного веса, содержания полезных компонентов, слагаясь алгебраически, образуют значение суммарной погрешности определения запасов полезного ископаемого. Поэтому важно знать не только абсолютные значения различного рода погрешностей, но и их положительный (+) или отрицательный (—) знаки. При одинаковых знаках общая погрешность будет наибольшая, при разных знаках составляющих погрешностей она может оказаться как угодно мала.

Многолетний опыт разведок разнообразнейших месторождений полезных ископаемых показывает, что имеется два основных источника погрешностей определения запасов:

- 1) практически неизбежные технические ошибки,
- 2) геологические ошибки (или «ошибки аналогии»).

Соответственно величинам тех или других технических ошибок точность произведенных подсчетов может быть большей или меньшей. Однако высокая степень точности подсчета, в котором учтены влияния практически всех технических ошибок, еще не определяет высокой достоверности подсчитанных запасов. При ничтожных технических ошибках измерениях и подсчетах геологические ошибки могут быть весьма большими. Тогда погрешность определения запасов полезного ископаемого окажется достаточно большой и, следовательно, достоверность такого определения величины запасов полезного ископаемого будет невысокой.

Технические ошибки могут быть случайными и систематическими, повторяющимися при каждом измерении или анализе.

Случайные ошибки вызываются неожиданными отклонениями в единичных измерениях (анализах), приводящими к определениям значений величин больших или меньших в сравнении с действительными. При большом количестве измерений (анализов) они, как правило, взаимно компенсируются, так как вероятность положительных и отрицательных отклонений при этом практически одинакова. Поэтому случайные ошибки множества разведочных данных не оказывают существенного влияния на точность подсчета и достоверность определения величины запасов полезного ископаемого.

Систематические ошибки обычно связаны с недостатками метода или технического агрегата (пробоотборника, аналитического или измерительного прибора). Они односторонне искажают — преуменьшают или преувеличивают — значения наблюдаемых величин. Наличие систематических ошибок устанавливается специальными контрольными исследованиями. Эти ошибки могут быть учтены в подсчете, если определено их значение, путем применения соответствующих поправочных коэффициентов. Наиболее значительные и распространенные технические систематические ошибки подсчета запасов следующие:

- ошибки замера мощностей в натуре, достигающие по буровым скважинам 30—50%, иногда полный пропуск полезного ископаемого;

- ошибки опробования, возникающие при отборе пробы из-за избирательного истирания зерна или выкрашивания материала при отбойке пробы в обнажении, а также в процессе испытания пробы вследствие несовершенства метода анализа или неточности регистрирующих приборов;

- ошибки определения объемного веса и влажности полезного ископаемого, являющиеся следствием несовершенства метода или неточности весов;

- ошибки нанесения и замера расстояний и площадей на чертежах, обусловленные деформацией бумаги или неточностью чертежных принадлежностей;

- ошибки способа подсчета запасов из-за неточностей расчетных формул или несоответствия простых геометрических фигур и тел, принимаемых в расчет, телам и фигурам, построенным на чертежах.

Следует иметь в виду, что небрежность в работе лиц, связанных с измерениями и геологической документацией, с опробованием полезного ископаемого, с анализами проб, с графическим оформлением разведочных материалов, влечет многократное увеличение технических ошибок и может привести к значительным ошибкам, которые совершенно исказят разведочные данные. Такие исключительные ошибки уже не будут подчиняться законам математической статистики и даже при множестве разведочных наблюдений окажут существенное искажающее влияние на результаты разведки.

Геологические ошибки обусловлены тем, что при интерполяции разведочных данных между точками наблюдений и

при их экстраполяции допускается вероятность постепенного, обычно непрерывного, изменения формы тела, его пространственного положения и качества полезного ископаемого. В некоторых случаях применяется поправка на прерывистость объекта разведки, одинаковая для всех интервалов интерполяции и экстраполяции. И тот и другой приемы основаны на упрощенном представлении об аналогии различных частей разведываемого месторождения, в связи с чем такие ошибки называются еще «ошибками аналогии».

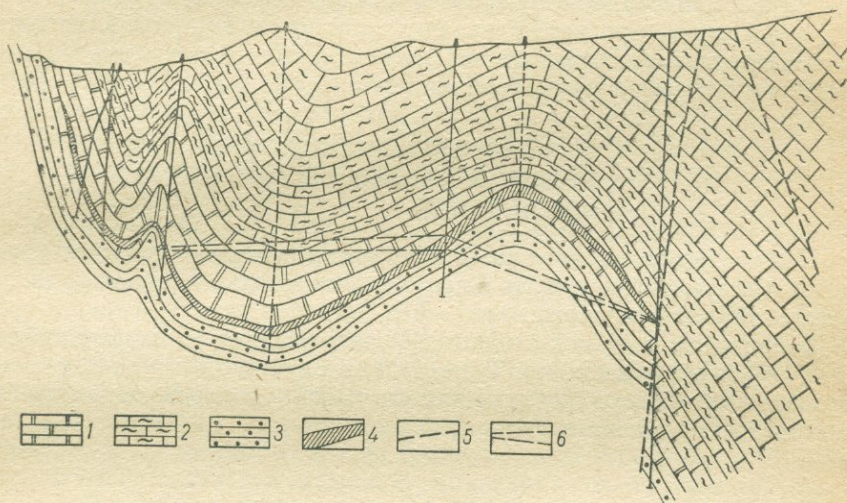


Рис. 129. Схематический геологический разрез Сумсарского полиметаллического месторождения

1 — рудомещающие доломиты; 2 — покровная толща известняков; 3 — подстилающие песчаники; 4 — рудная залежь; 5 — тектонические нарушения; 6 — контур интерполяции разведочных данных по скважинам без учета складчатых изгибов залежи

В действительности предполагаемые закономерности изменения свойств тела полезного ископаемого и его элементов залегания между разведочными пересечениями и за их пределами чаще не имеют места. Нередко изменчивость свойств тел полезных ископаемых скачкообразна. Во всяком случае разведчику она неизвестна. Поэтому, естественно, возникают ошибки случайного или систематического характера.

Случайные отклонения мощности тела или содержания полезного компонента, принимаемые при интерполяции, от истинных их значений в промежутках между точками наблюдений, обладая разными знаками, могут дать для всего объекта небольшое значение геологической ошибки. Определения запасов, средних содержаний и средних мощностей по месторождению в целом всегда более точны и достоверны, чем соответствующие определения по отдельным частям месторождения при той же детальности исследований. Относительные погрешности определения запасов по отдельным подсчетным

блокам могут достигать десятков процентов, а погрешность их определения по объекту разведки в целом при этом может выражаться величиной, близкой к нулю.

Систематическая геологическая ошибка может быть весьма значительной как для отдельных частей месторождения, так и для объекта в целом. Например, если прерывистое рудное тело при интерполяции данных между разведочными пересечениями будет рассматриваться как непрерывное, то это приведет к заметному преувеличению подсчитанных запасов и по каждому участку и по всему рудному телу. В другом случае при упрощенной интерполяции по прямой контуров изогнутого пласта полезного ископаемого может возникнуть немалая ошибка в сторону преуменьшения запасов (рис. 129).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Параметрами подсчета называются определенные величины, дающие возможность вычислять запасы полезного ископаемого по месторождению или его части.

Запас полезного ископаемого ( $Q$ ) выражается в метрах кубических ( $m^3$ ) или в тоннах ( $t$ ). В последнем случае он вычисляется как произведение объема ( $V$ ) тела или его части (блока) на объемный вес полезного ископаемого ( $d$ ):

$$Q = V \cdot d. \quad (33)$$

Запас полезного компонента ( $Z$ ) выражается в тоннах или килограммах и представляет собой произведение запаса полезного ископаемого на среднее содержание заключенного в нем полезного компонента ( $c$ ):

$$Z = Q \cdot c. \quad (34)$$

Для вычисления объема тела полезного ископаемого или его части (блока) принимается некоторая площадь в контуре уплощенного тела (в его плоскости или в какой-нибудь проекции); штокообразные или изометричные тела характеризуются площадями горизонтальных или вертикальных сечений ( $S$ ). В качестве третьего измерения служит средняя мощность ( $m$ ) уплощенного тела или расстояние между параллельными разведочными сечениями штокообразного и изометричного тел. Объем тела или его части вычисляется из произведения этих двух величин:

$$V = S \cdot m. \quad (35)$$

Таким образом, подсчету запасов предшествует выяснение величин параметров:

- 1) вычисление или измерение на плане площади тела или площади поперечных сечений тела ( $S$ );
- 2) вычисление средней мощности тела или среднего расстояния между параллельными разведочными сечениями тела ( $m$ );

3) вычисление среднего объемного веса полезного ископаемого ( $d$ );

4) вычисление среднего содержания полезного компонента ( $c$ ).

**Исходные данные** для подсчета запасов полезного ископаемого, накапливаемые в процессе разведки месторождения, представлены следующими материалами:

чертежами разведочных разрезов и планов, на которых нанесены необходимые для подсчета результаты геолого-минералогических, химических, геофизических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований;

таблицами результатов химических анализов или других испытаний разведочных проб с соответствующими данными контроля массовых анализов (испытаний);

сведениями о технологических исследованиях валовых проб, характеризующими возможность использования полезного ископаемого по его сортам;

результатами лабораторных и полевых определений объемного веса и влажности полезного ископаемого.

Названные графические материалы в совокупности с результатами опробования и другими разведочными наблюдениями позволяют определить границы, конфигурацию и размеры площадей подсчетных блоков на плане и в разрезах. Наборы измерений и анализов в пределах подсчетных блоков дают возможность вычислить средние значения линейных величин, необходимых для вычисления объемов; объемные веса полезного ископаемого, средние для различных природных типов полезного ископаемого; средние содержания полезного компонента или нескольких компонентов.

Площади тел или их сечений измеряются планиметром или палеткой, а в случае простейших геометрических фигур могут быть вычислены по известным математическим выражениям. При этом на чертеже размеры тела могут соответствовать натуральным в принятом масштабе, если чертеж выполнен в плоскости тела — пласта, жилы, линзы — или они будут несколько искажены, когда наклонное плоское тело изображается в его вертикальной или горизонтальной проекции. В последнем случае истинная площадь наклонно залегающего плоского тела полезного ископаемого ( $S_n$ ) и проекции этой площади на горизонтальную ( $S_r$ ) и вертикальную ( $S_v$ ) плоскости связаны соотношениями:

$$S_v = S_n \cdot \sin \alpha; \quad (36)$$

$$S_r = S_n \cdot \cos \alpha.$$

При этом истинная мощность наклонно залегающего тела равна:

$$m_n = m_v \cdot \cos \alpha = m_r \cdot \sin \alpha, \quad (37)$$

где  $m_v$  — мощность, измеренная по вертикали;

$m_r$  — мощность, измеренная по горизонтали;

$\alpha$  — угол наклона (падения) тела.

Средние значения подсчетных параметров ( $m$ ,  $c$ ,  $d$ ) определяются по объекту разведки в целом или по его частям (блокам), на которые расчленяется объект в зависимости от степени сложности геологического строения месторождения и различной детальности исследований разных его частей.

Первым шагом в определении средних величин при подсчете запасов является вычисление средних значений по отдельным разведочным пересечениям. Затем вычисляются средние значения величин по участкам (подсчетным блокам) на основании данных по разведочным пересечениям в пределах этого участка. И наконец, средние величины содержания полезного компонента, объемного веса руды и, если нужно, средней мощности тел полезных ископаемых могут быть определены по месторождению в целом.

В разведочной практике применяются два способа подсчета средних величин: 1) способ среднего арифметического и 2) способ среднего взвешенного. Ниже даются формулы, применяемые для нахождения средних значений подсчетных параметров.

Средняя мощность тела полезного ископаемого или его части в большинстве случаев определяется способом среднего арифметического:

$$M_{\text{ср}} = \frac{\sum m_i}{n}, \quad (38)$$

где  $n$  — число разведочных пересечений.

При небольшой изменчивости формы тела полезного ископаемого значение средней арифметической мощности дает вполне правильное представление о ней. Если формы тела полезного ископаемого невыдержаны, а измеренные мощности сильно колеблются, то бывает целесообразно «взвешивать» мощности на расстояния ( $l$ ) или на площади ( $S$ ) влияния, которые должны устанавливаться по геологическим соображениям:

$$M_{\text{ср}} = \frac{m_1 S_1 + m_2 S_2 + \dots + m_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (39)$$

где  $m$  — частные значения мощностей;

$S$  — площади влияния частных значений мощностей.

Взвешивание тем более необходимо, чем неравномернее расположение разведочных пересечений в пределах объекта разведки.

Средний объемный вес при равномерных разведочных сетках и умеренной изменчивости мощности тела полезного ископаемого или его части надежно определяется средним арифметическим способом:

$$D_{\text{ср}} = \frac{\sum d_i}{n}. \quad (40)$$

Если же мощность объекта неравномерная, то среднее значение объемного веса следует вычислять по формуле среднего взвешенного:

$$D_{\text{ср}} = \frac{d_1 m_1 + d_2 m_2 + \dots + d_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (41)$$

При неравномерном расположении пунктов наблюдений и при значительных колебаниях объемного веса может оказаться целесообразным вычисление его среднего значения взвешиванием еще и на площади влияния частных наблюдений:

$$D_{\text{ср}} = \frac{d_1 m_1 S_1 + d_2 m_2 S_2 + \dots + d_n m_n S_n}{m_1 S_1 + m_2 S_2 + \dots + m_n S_n}, \quad (42)$$

где  $d$  — частные значения объемных весов;

$m$  — мощности, соответствующие частным значениям объемных весов;

$S$  — площади влияния отдельных разведочных пересечений.

Среднее содержание полезного компонента по каждому разведочному пересечению вычисляется всегда как среднее взвешенное:

$$c_{\text{ср}} = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (43)$$

где  $c$  — частные значения содержаний полезных компонентов;

$m$  — длины интервалов проб по мощности, соответствующих частным содержаниям полезного компонента в разведочном пересечении.

Общей формулой для подсчета средних содержаний полезного компонента в пределах подсчетного блока при равномерной разведочной сети является следующее выражение:

$$c_{\text{ср}} = \frac{c_1 d_1 m_1 + c_2 d_2 m_2 + \dots + c_n d_n m_n}{d_1 m_1 + d_2 m_2 + \dots + d_n m_n}. \quad (44)$$

При небольших колебаниях мощности тела или объемного веса тот или другой член из формулы исключается. А если и мощности и объемные веса не отличаются существенной изменчивостью, то среднее содержание полезного компонента следует вычислять методом среднего арифметического:

$$c_{\text{ср}} = \frac{\sum c_i}{n}. \quad (45)$$

При неравномерной разведочной сети среднее содержание полезного компонента в большинстве случаев также должно определяться по вышеуказанным формулам. И только, если по геологическим данным выясняется принадлежность повышенных или, наоборот, пониженных содержаний компонента к определенным частям объекта разведки, то в таких случаях следует определять среднее содержание полезного компонента методом среднего взвешенного на площади влияния. Так может возникнуть необходимость расчленения крупной подсчетной единицы (залежи, этажа) на ряд подсчетных блоков в зависимости от особенностей распределения полезного компонента.

Определение содержания полезного компонента в скважинах колонкового бурения часто приходится производить по керну и шламу. Принято вычислять среднее содержание компонента по рудному ин-

тервалу скважины в таких случаях путем взвешивания частных содержаний в керне ( $c_k$ ) и шлама ( $c_{ш}$ ) на соответствующие объемы той и другой пробы ( $V_k$  и  $V_{ш}$ ):

$$c_{ср} = \frac{c_k V_k + c_{ш} V_{ш}}{V_k + V_{ш}}. \quad (46)$$

Среднее содержание полезного компонента в каком-либо подсчетном блоке с немногими разведочными пересечениями или пробами может существенно искажаться весьма высоким («ураганным») или крайне низким содержанием, полученным в единичной пробе (в одном-двух пунктах опробования). Ввиду этого при подсчетах запасов нередко применяется так называемое уравнивание выдающихся проб. Оно осуществляется путем замены необычно высоких содержаний в отдельных пробах средними из смежных проб или умеренно высокими часто встречающимися, или даже необычно высокие содержания полезного компонента просто исключаются из подсчета без замены. Все эти искусственные способы не имеют каких-либо серьезных обоснований и многими разведчиками оспариваются. Они не гарантируют правильности вычисления средних содержаний в подсчетных блоках. В то же время выдающиеся содержания, изредка встречающиеся в пределах месторождения, отражают его природу и, следовательно, являются характерным свойством такого объекта разведки. Поэтому неправильно игнорировать при подсчетах запасов участки с весьма высокими содержаниями полезного компонента. Установлено также, что при большом числе разведочных проб необычно высокие или низкие содержания полезного компонента в единичных пробах не искажают значений среднего содержания по месторождению в целом или по значительной его части. Поэтому при наличии выдающихся единичных проб подсчет запасов полезного компонента следует выполнять по укрупненным блокам, заключающим в своих пределах десятки, а лучше сотни проб вместе с выдающейся пробой.

**Поправочные коэффициенты** вводятся в расчеты при подсчете запасов полезных ископаемых вследствие недостаточности разведочных данных. Эти коэффициенты неизбежны при подсчетах запасов в сложных геологических условиях по низким категориям ( $C_1$  и  $C_2$ ), когда имеются немногие разведочные пересечения, пробы и другие наблюдения.

**Коэффициент рудоносности** является наиболее распространенным среди других поправочных коэффициентов. Он представляет собой отношение рудной части объекта разведки (месторождения, залежи, блока) к целому. Наиболее точно выражается коэффициент рудоносности через рудный ( $V_p$ ) и общий ( $V_o$ ) объемы объекта:

$$K_p = \frac{V_p}{V_o}. \quad (47)$$

Но отношение объемов становится известным только после отработки месторождения. Поэтому в разведочной практике используются

обычно приближительные значения коэффициента рудоносности, вычисляемого как отношение суммы площадей рудных участков ко всей площади объекта разведки:

$$K_p = \frac{\sum S_p}{S_o}, \quad (48)$$

где  $S_p$  — площадь рудного участка в пределах объекта разведки;  $S_o$  — общая площадь объекта разведки.

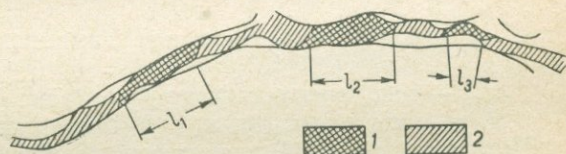
В некоторых случаях возможно определять лишь линейный коэффициент рудоносности, который является отношением суммы рудных интервалов к общей длине разведочной выработки в пределах пересекаемой рудной зоны (рис. 130):

$$K_p = \frac{\sum l_p}{l_3}, \quad (49)$$

где  $l_p$  — длина рудного интервала по выработке (скважине, рассечке);  $l_3$  — общая длина выработки в пределах рудной зоны.

Рис. 130. Горная выработка, вскрывшая прерывистую рудную залежь (по А. П. Прокофьеву)

1 — участки промышленной руды; 2 — безрудные участки



При разведке угольных месторождений применяется равнозначный коэффициент, называемый коэффициентом продуктивности.

Разновидностями коэффициента рудоносности (продуктивности) можно назвать коэффициенты: валунистости, каменистости или льдистости россыпей, а также коэффициент закарстованности, принятый на разведках некоторых бокситовых месторождений.

Коэффициент содержания полезного компонента является следствием систематической погрешности результатов массового опробования. Погрешность, возникающая из-за метода химического анализа, из-за избирательного истирания зерна или избирательного выкрашивания при отборе проб в обнажениях, устанавливается контрольным опробованием или контрольными анализами. И тогда величина коэффициента вычисляется по формуле

$$K_{\text{опр}} = \frac{c_k}{c_o}, \quad (50)$$

где  $c_o$  — среднее содержание компонента по массовым пробам;  $c_k$  — среднее содержание компонента по контрольным пробам.

Коэффициент объемного веса применяется, когда установлена систематическая погрешность его определения тем или другим лабораторным способом. Обычно контрольные определения объемного веса осуществляются на больших массах полезного ископаемого — по валовым пробам, по товарной руде в вагонах — с тщательным

замером объема пробы. Этот поправочный коэффициент вычисляется аналогично коэффициенту содержания:

$$K_{об} = \frac{d_k}{d_l}, \quad (51)$$

где  $d_l$  — средний объемный вес по лабораторным определениям;  
 $d_k$  — объемный вес по контрольным определениям.

Коэффициент влажности важен при подсчете запасов для руд, обладающих значительной влажностью в естественном их залегании. Определение содержания металла производится в сухом материале пробы. Следовательно, для установления содержания металла во влажной руде должен быть произведен соответствующий пересчет с учетом различных объемных весов влажной и сухой руды.

Формула для пересчета содержаний полезных компонентов, определяемых в сухих навесках, на их содержание во влажной руде имеет следующий вид:

$$c_{вл} = \frac{c_{сух}(100 - B)}{100}, \quad (52)$$

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

$c_{сух}$  — содержание полезного компонента в сухой руде, % или г/т;

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

Поправочные коэффициенты на содержание полезного компонента, объемный вес и влажность полезного ископаемого должны вводиться в расчеты по каждой пробе из числа тех, которым оказалась свойственна систематическая погрешность соответствующих определений. Если же контрольные исследования проведены на участке, где имеются отклонения контрольных определений разного знака от первоначальных массовых, то выявленная таким образом результирующая погрешность принадлежит участку в целом. Следовательно, в последнем случае поправочный коэффициент должен вводиться для уточнения данных по группе проб, отобранных с данного участка, но не к каждой отдельной пробе.

#### 4. ОКОНТУРИВАНИЕ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Для подсчета запаса ( $Q$ ) необходимо очертить площадь тела полезного ископаемого или площади некоторых сечений этого тела по данным разведки. Такая операция называется оконтуриванием и выполняется посредством некоторых приемов, позволяющих наметить местоположение подсчетного контура, более или менее близкое к действительному контуру тела полезного ископаемого. Однако действительный контур разведываемого тела всегда чем-то отличается от геометризованного подсчетного контура. В результате возникает погрешность определения площади тела полезного ископаемого за счет ее искажения в приконтурной полосе. Ввиду этого проблема окон-

турирования тел полезных ископаемых по данным разведки для подсчета запасов является одной из первостепенных в учении о поисках и разведках полезных ископаемых.

При проведении контура между двумя разведочными пересечениями — вскрытым и невскрытым полезное ископаемое — применяется прием интерполяции, называемый еще «ограниченной экстраполяцией».

Контур проводится на половине расстояния между выработками, пересекающими тело полезного ископаемого, и законтурными выработками, не встретившими этого тела (рис. 131). Разумеется, действительная граница тела полезного ископаемого только иногда может оказаться точно посередине между двумя такими выработками; обычно же

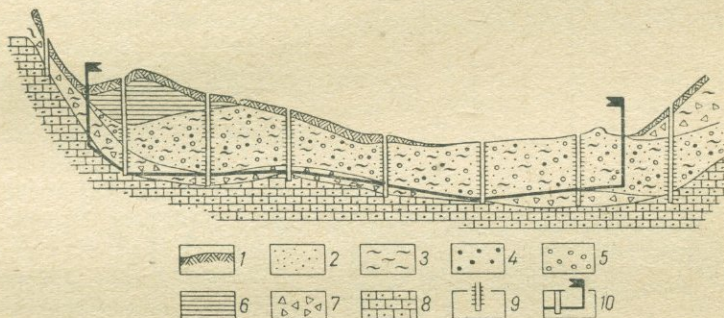


Рис. 131. Разведочный профиль по золотонной россыпи

- 1 — растительный слой; 2 — песок; 3 — глина; 4 — галька; 5 — валуны;  
6 — суглинок; 7 — щебень; 8 — песчаники; 9 — интервалы опробования;  
10 — контур подсчета запасов

она ближе к одной из них. Обширный опыт показывает, что для подсчета запасов при достаточном числе законтурных разведочных пересечений этот способ проведения контура вполне оправдан, так как отклонения действительного контура от середины в ту или иную сторону в большинстве случаев компенсируются и значения площади тела существенно не искажаются при густых разведочных сетях.

Когда за крайней разведочной выработкой, вскрывшей тело полезного ископаемого, нет законтурного пересечения, приходится пользоваться приемами неограниченной экстраполяции. Эти приемы подразделяются на геологические и формальные.

**Геологические приемы** дают возможность логически обосновать общий контур рудного тела. Например, для пластовых месторождений границами рудных тел могут служить линии выклинивания продуктивной фации. В случае какого-либо эпигенетического образования, контролируемого структурными элементами вмещающей толщи, контуры могут быть проведены по определенным нарушениям. Иногда довольно четко проявляется зависимость формы тела полезного ископаемого от окружающей среды. Такая зависимость формы тела от геологической обстановки, выявленная в процессе разведки, может

дать достаточно надежные основания для проведения контура по способу разрезов или способу изолиний мощности.

*Способ разрезов* (рис. 132) сводится к составлению ряда сечений тела полезного ископаемого на основании пройденных разведочных выработок. Положение линий, ограничивающих сечение тела за пределами крайних разведочных пересечений, определяется установленной зависимостью формы таких тел от геологической обстановки,

характерной для данного месторождения. Пересечение линий в месте предполагаемого выклинивания тела

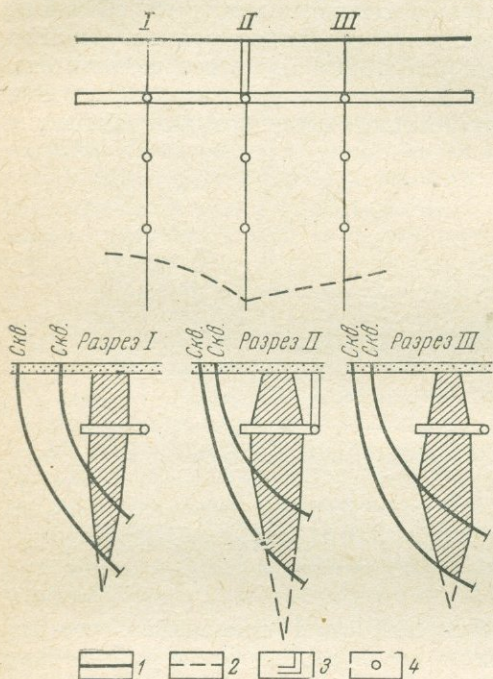


Рис. 132. Проведение внешнего контура по способу разрезов

1 — внутренний контур; 2 — внешний контур; 3 — горные выработки; 4 — буровые скважины



Рис. 133. Проведение внешнего контура по способу изолиний мощности

в каждом разрезе дает вероятную точку, лежащую на контуре экстраполяции. Так от разреза к разрезу пролагается общий контур тела полезного ископаемого для подсчета запасов.

*Способ изолиний мощности* (рис. 133) представляет собой экстраполяцию значений мощности по правилам топографии. Исходя из предположения о постепенном убывании мощности в приконтурной полосе находится нулевая линия, которая и принимается в качестве контура тела полезного ископаемого. В ряде случаев подсчетный контур проводится не по нулевой линии, а по линии минимально допустимой мощности, заданной промышленными условиями (кондициями).

**Формальные приемы** проведения контура неограниченной экстраполяции применяются в тех случаях, когда нет сколько-нибудь

убедительных геологических данных о границах распространения продуктивной зоны за пределы участков, освещенных разведочными выработками.

В практике подсчета запасов полезных ископаемых обычными являются следующие формальные приемы.

1. Проведение контура неограниченной экстраполяции на расстоянии от краевых выработок, равно половине среднего интервала между внутриконтурными выработками в разведочных разрезах. Этот прием дает малое приращение прогнозной продуктивной зоны за пределами краевых разведочных пересечений. Данный прием целесообразен в тех случаях, когда по геологическим общим данным или по степени разведанности объекта экстраполяцию следует проводить с осторожностью. Он оправдан при разведке небольших тел полезных ископаемых или при доразведке флангов и глубинных частей ранее разведанной, но не вполне оконтуренной крупной залежи.

2. Проведение контура неограниченной экстраполяции в зависимости от линейных размеров тела полезного ископаемого. Такой прием называется еще способом «подвески» запасов, рекомендованным Гувером. Под-

веска запасов к площади тела полезного ископаемого, освещенной разведочными выработками, осуществляется обычно в двух вариантах (рис. 134): треугольником или прямоугольным полотном. Высота треугольника принимается равной половине разведанной длины тела полезного ископаемого. Высота же прямоугольного полотна берется как четверть длины тела.

На ранних стадиях разведки часто не представляется возможным при немногих разведочных пересечениях очертить в пределах прерывистого месторождения даже некоторые наиболее значительные тела полезного ископаемого. Поэтому оконтуривание частей крупного месторождения для подсчета запасов бывает целесообразным выполнять по укрупненным условным единицам, представляющим собой группы сближенных тел. В таких случаях объем полезного ископаемого вычисляется при помощи коэффициента рудоносности (продуктивности). Значение коэффициента рудоносности может быть приблизительно определено по немногим разведочным пересечениям или принимается по аналогии с таковым на детально изученном подобном месторождении.

Оконтуривание балансовых и забалансовых запасов месторождения производится раздельно, поскольку их подсчет и дальнейший учет дифференцированы. Таким образом, на месторождении может возникнуть двойной контур — первый, ограничивающий части месторождения обычно центральные, заключающие балансовые запасы

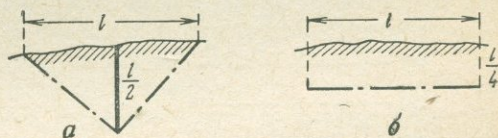


Рис. 134. Проведение внешнего контура в зависимости от длины тела полезного ископаемого: а — по правилу треугольника; б — по правилу прямоугольного полотна

полезного ископаемого, и второй, очерчивающий примерно все месторождение с его забалансовыми запасами. Последние заключены между первым (балансовым) и вторым (забалансовым) контурами.

Следует иметь в виду, что контуры объекта разведки, проводимые для подсчета запасов полезного ископаемого, условны, во-первых, потому, что более или менее отличаются от истинных, неизвестных разведчику, и, во-вторых, потому, что зависят от промышленных условий, предъявленных к качеству полезного ископаемого в недрах. Так, с изменением бортового содержания полезного компонента или

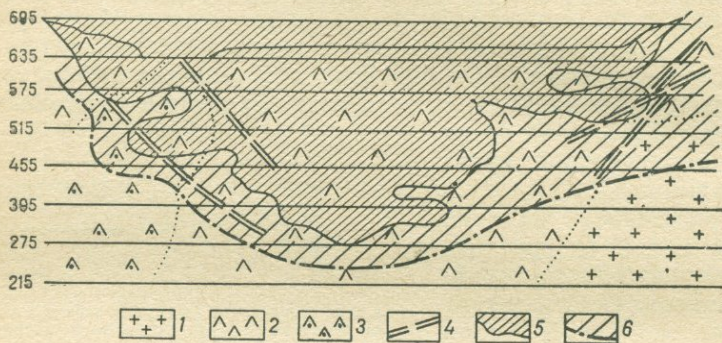


Рис. 135. Пример изменения контура штокверка с изменением промышленного (кондиционного) минимума содержания металла в руде

1 — гранодиорит-порфиры; 2 — вторичные кварциты по гранодиорит-порфирам; 3 — вторичные кварциты по эффузивам; 4 — линии тектонических нарушений; 5 — контур рудного тела при содержании меди в руде 0,5%; 6 — контур рудного тела при содержании меди в руде 0,4%

иного минимального качественного показателя может резко измениться контур тела полезного ископаемого (рис. 135). Чем беднее месторождение по содержанию полезных компонентов и чем неравномернее их распределение, тем резче колебание контуров рудных тел, составляющих месторождение, при изменении кондиций.

Ввиду возможных значительных изменений контуров тел в зависимости от кондиций целесообразно выполнять подсчет запасов полезного ископаемого по трем-четырем вариантам. При этом бортовые показатели качества полезного ископаемого должны выбираться с учетом значений средних качественных показателей по подсчетным блокам. Последние должны быть приемлемы для промышленности.

При вариантном подсчете запасов полезного ископаемого один из найденных контуров надежно очертит весь объект разведки по сумме балансовых и забалансовых запасов полезного ископаемого; другие внутренние контуры покажут размеры балансовых частей запасов в зависимости от тех или других кондиций.

Когда объектом разведки является сложное, прерывистое месторождение, то изображаемые контуры, особенно в начальный период разведки, могут сильно отличаться от действительных. В таких случаях целесообразно построение контуров

в двух вариантах по вероятности — максимально и минимально возможных контуров тел полезного ископаемого по геологическим соображениям. В результате такого построения выяснится размах колебания значений одного из подсчетных параметров — площади ( $S$ ). Размах вероятных колебаний площади позволит выяснить возможную наибольшую погрешность определения площади объекта при данной степени его разведанности.

## 5. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рассматриваемые ниже способы подсчета запасов представляют собой определенные системы геометрических построений и простейших вычислений, с помощью которых природные тела более или менее сложных форм заменяются простыми равновеликими телами, объемы которых легко вычисляются по элементарным математическим формулам.

Выбор способа подсчета запасов определяется геологическими особенностями месторождения и применяемыми системами разведки. Однако не следует преувеличивать роль способа подсчета запасов полезного ископаемого в достижении наибольшей надежности результатов. Опыт показывает, что главными причинами ошибок при подсчетах запасов являются дефекты документации и неправильные геологические представления при интерполяции и экстраполяции данных разведки. При достаточном количестве доброкачественного фактического материала и при правильном понимании геологической обстановки любой способ подсчета дает результаты, близкие к действительным. Подсчеты, выполняемые двумя или тремя разными способами на одном и том же исходном материале, дают близкие цифры запасов.

Опыт, накопленный в Советском Союзе, показал, что целесообразно применять только те способы подсчета запасов, которые, являясь простыми в исполнении, в то же время позволяют отражать геологические особенности месторождений. В последние годы в практике разведок месторождений полезных ископаемых преобладают подсчеты запасов способом среднего арифметического, способом блоков, способом разрезов, которые отличаются вышеуказанными достоинствами.

### Способ среднего арифметического

Этот способ представлен простейшим подсчетом запасов и их параметров. Подсчет охватывает весь объект разведки. Поэтому все разведочные пересечения, заключенные внутри общего контура объекта, служат исходными данными для вычисления средних значений подсчетных параметров. Оконтуривание подсчетной площади может быть произведено любым из известных способов. Таким образом, при подсчете запасов полезного ископаемого способом среднего

арифметического сложные очертания тела сглаживаются путем превращения этого тела неправильной формы в равновеликую по объему плиту (рис. 136).

При этом способе все средние значения подсчетных параметров вычисляются как средние арифметические величины, за исключением средних содержаний полезных компонентов по каждому разведочному пересечению. В итоге подсчетная площадь принимается равной площади тела полезного ископаемого, обычно в плане или в проекции на горизонтальную плоскость. Средняя мощность тела, выраженная толщиной подсчетной плиты, вычисляется как средняя величина из всех рудных разведочных пересечений. Среднее содержание полезных компонентов также вычисляется среднеарифметическим способом,

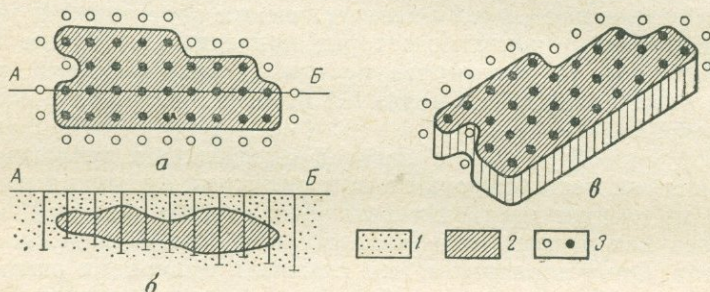


Рис. 136. Схема преобразования формы рудного тела при подсчете запасов способом среднего арифметического

*a* — план рудного тела; *б* — разрез по линии *A — B*; *в* — аксонометрическая проекция преобразованного тела

1 — вмещающие горные породы; 2 — рудное тело; 3 — разведочные выработки; черные — пересечение рудное тело, светлые — законтурные

без «взвешивания» на различные мощности, установленные в разведочных пересечениях. Средний объемный вес определяется по ограниченному числу проб (20—30 шт.) как средняя арифметическая величина. И только вычисление среднего содержания по разведочному пересечению выполняется способом среднего взвешенного — содержания в секционных пробах по разведочному пересечению взвешиваются на длины проб.

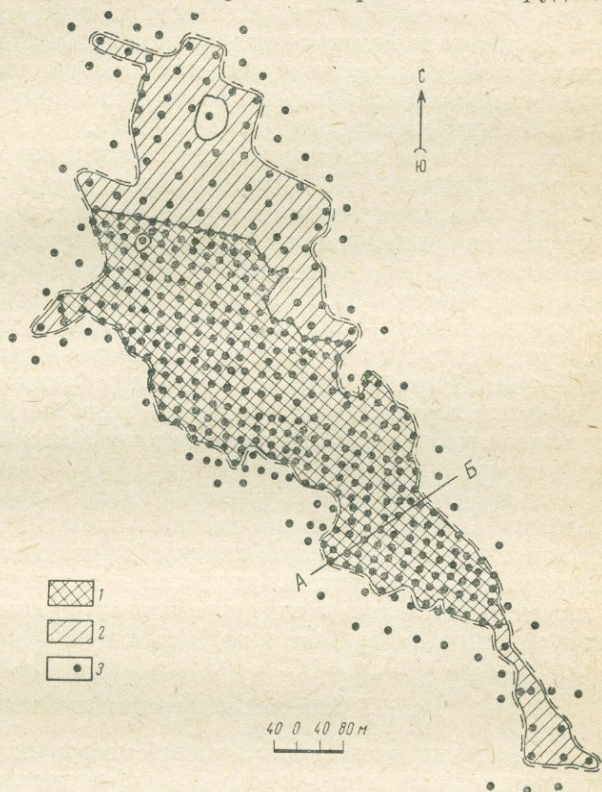
Основным преимуществом способа среднего арифметического является простота подсчетов. Этот способ дает возможность быстро определить величину запасов для ориентировочного представления о промышленной ценности месторождения. Он является единственно рациональным способом подсчета запасов при немногочисленных разведочных данных, когда применение других более сложных способов невозможно. Поэтому способ среднего арифметического типичен для подсчетов запасов по результатам поисково-разведочных работ и в большинстве случаев по итогам предварительной разведки.

К недостаткам этого способа относится невозможность отдельного подсчета запасов полезного ископаемого по типам руд или подразделение объекта разведки на какие-либо другие части с отдельными подсчетами запасов в них.

Пример подсчета запасов методом среднего арифметического иллюстрируем на опыте разведки ныне уже отработанного месторождения силикатно-никелевых руд — Промежуточного, находившегося в пределах Актюбинского рудного поля.

Месторождение залегает вблизи поверхности, в коре выветривания массива ультраосновных изверженных пород. Разрез коры выветривания сверху вниз представлен: оранжево-красными безрудными

Рис. 137. План силикатно-никелевого месторождения Промежуточного к подсчету запасов руд  
1 — запасы (учтенные по категории В; 2 — запасы, учтенные по категории С<sub>1</sub>; 3 — устья скважин



охрами, зеленоватыми нонтронитами, выщелоченными серпентинитами и габбро-амфиболитами. Рудная зона нонтронитов и частично никеленосных серпентинитов имеет форму пластообразной залежи с извилистыми нечеткими контактами, которые устанавливаются только по данным опробования.

Промышленная залежь длиной 1400 м при ширине от 500 до 100 м отличается неравномерной мощностью, колеблющейся от 1 до 35 м. Она находится на глубинах от 0,2 до 42 м. Руда бедная, содержит немногим более 1% никеля; среднее содержание кобальта 0,05%. Вся она относится к одному сорту, используемому прямо для выплавки никеля без предварительной обработки.

Месторождение после его обнаружения в единичных поисковых скважинах разведывалось предварительно при помощи скважин

медленного ударно-вращательного бурения, расположенных по квадратной сети  $200 \times 200$  м и на отдельных участках  $100 \times 100$  м; всего пробурено 2250 пог. м. Детальная разведка, длившаяся с 1947 по 1949 г., велась уже колонковым бурением с применением контрольных шурфов и дудок. Большая часть месторождения разведана по сети  $25 \times 25$  м, остальная — по сети  $50 \times 50$  м (рис. 137). Для контроля определения качества руды сравнивались данные по шурфам и скважинам, что выявило незначительные расхождения — в среднем менее 1%; контроль химических анализов проб как внешний, так и внутренний показал погрешности анализов соответственно 13 и 5,4%. Возможность использования руды проверялась прямо на действующем заводе. Объемный вес сухой руды 1,14—1,15.

Для подсчета запасов были установлены кондиции: бортовое содержание никеля 0,70%, минимальное среднее содержание никеля 1,3%, минимальная мощность рудного тела 1 м.

Подсчет произведен по всей рудной залежи способом среднего арифметического. В подсчете участвовали рудные разведочные пересечения в количестве 365, из которых наиболее густая сеть в центральной части залежи — 299 пересечений; запасы этой части месторождения отнесены к категории В, а остальные — к категории  $C_1$ .

Подсчеты выполнялись следующим образом:

по каждой разведочной выработке вычислялось среднее содержание никеля и кобальта как средневзвешенная величина на интервалы опробования;

данные о содержании и рудной мощности по каждой разведочной выработке выносились на подсчетный план и служили исходными для вычисления средних арифметических значений мощности залежи и содержания полезных компонентов — никеля и кобальта;

подсчеты выполнены отдельно для центральной части, где находятся запасы категории В, и для остальной — по категории  $C_1$ .

### Способ геологических блоков

При наличии разнородных частей месторождения в его пределах выделяются более или менее однородные участки, которые и представляют собой отдельные подсчетные блоки. Выделение блоков производится по разным типам полезного ископаемого, выявленным в процессе разведки; по морфологическим особенностям разных частей месторождения; по различиям в условиях залегания, т. е. по различным геологическим признакам. Отсюда и название выделяемых блоков: «геологические блоки». При выделении блоков по геологическим признакам приходится также учитывать степень разведанности различных их частей и тогда в пределах некоторых геологических блоков целесообразно выделять самостоятельные подсчетные блоки с целью дифференцированного учета запасов полезного ископаемого разных категорий (А, В,  $C_1$ ,  $C_2$ ).

Сущность преобразования форм для подсчета запасов способом геологических блоков состоит в том, что отдельные части объекта

разведки превращаются в пластины разной толщины и все тело полезного ископаемого представляет собой ряд сомкнутых такого рода пластин (рис. 138).

Подсчеты запасов и их параметров в пределах каждого блока ведутся или способом среднего арифметического, или способом среднего взвешенного, если исходные данные по разным разведочным пересечениям существенно различны. Общие запасы полезного ископаемого подсчитываются суммированием запасов по всем блокам.

Способ геологических блоков можно применять, когда имеются уже многочисленные данные по объекту разведки, значительно большее число разведочных пересечений, чем это бывает при подсчете запасов в целом по объекту способом среднего арифметического.

Однако в пределах каждого подсчетного блока разведочных наблюдений может быть и немного.

Следует при этом помнить, что чем больше в каждом подсчетном блоке данных о его мощности и содержании полезного компонента, тем точнее будут определены запасы каждого блока и месторождения в целом. Следовательно, кроме геологических соображений при выделении подсчетных блоков следует учитывать и расположение разведочных пересечений, а очерчивать подсчетные геологические блоки целесообразно с таким расчетом, чтобы каждый из них опирался на возможно большее число разведочных пересечений.

В зависимости от числа разведочных пересечений в каждом блоке и от густоты разведочной сети запасы полезного ископаемого могут быть квалифицированы по разным категориям (А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>).

Способ геологических блоков обладает теми же преимуществами, что и способ среднего арифметического — простотой построений и расчетов. Кроме того, он совершеннее последнего тем, что дает возможность выделять пространственно и подсчитывать раздельно различные типы и сорта полезного ископаемого, заключенные в разведанном объекте. Поэтому способ геологических блоков эффективно может применяться по результатам как предварительной разведки, так и детальных разведок месторождений полезных ископаемых.

Одним из существенных недостатков данного способа является то, что его подсчетные единицы (блоки) обычно не соответствуют эксплуатационным участкам и эксплуатационным блокам. Поэтому при проектировании разработки месторождения приходится перестраивать все подсчетные блоки применительно к принятой системе разработки месторождения и производить полный пересчет запасов. Способ геологических блоков, так же как и способ среднего

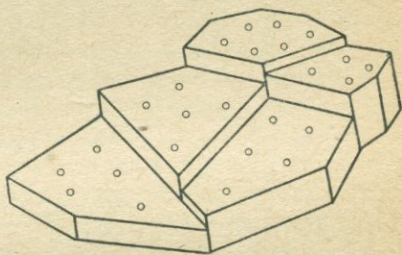


Рис. 138. Схема преобразования природной формы неоднородного тела полезного ископаемого при подсчете запасов способом геологических блоков

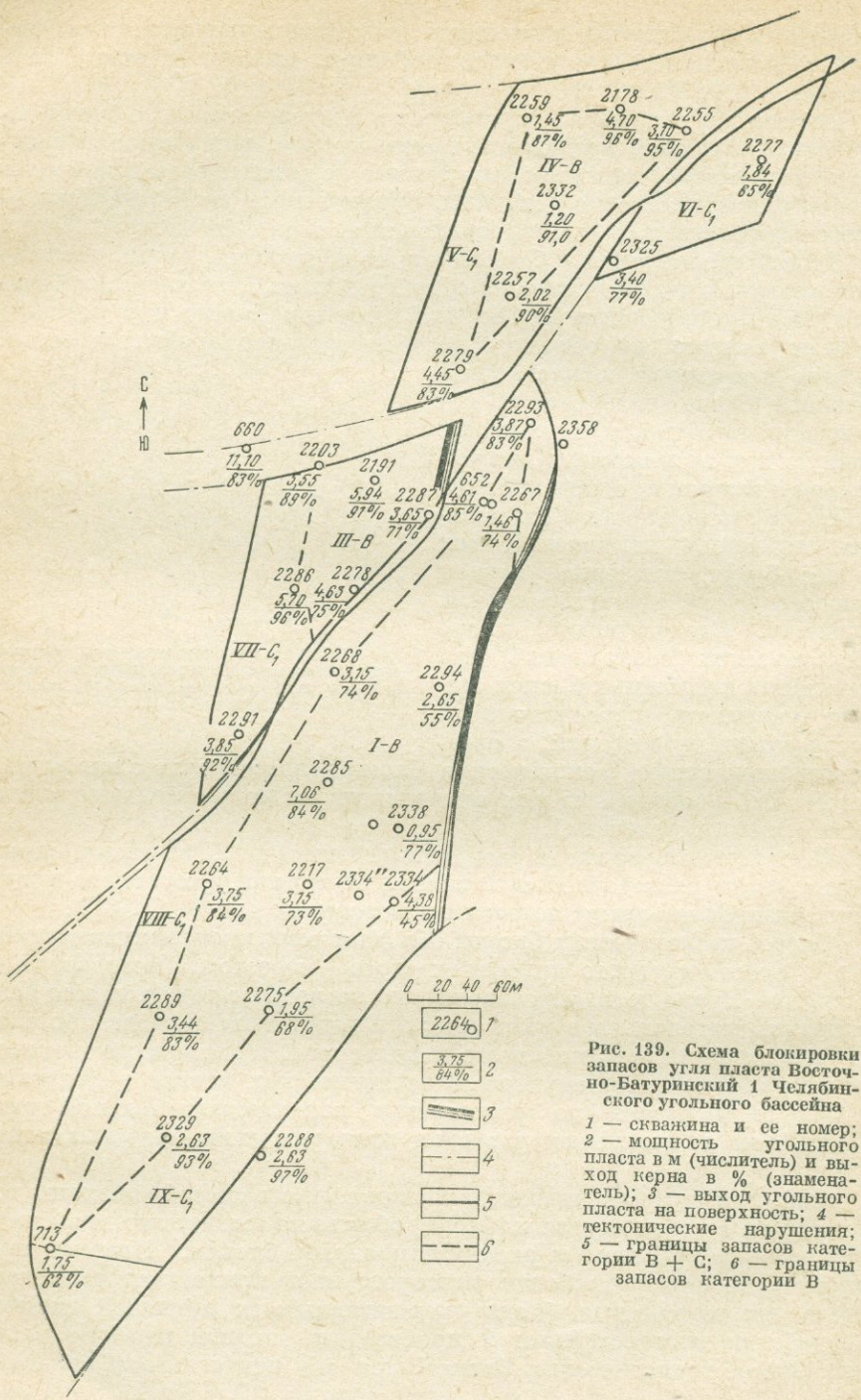


Рис. 139. Схема блокировки запасов угля пласта Восточно-Батуринский 1 Челябинского угольного бассейна

1 — скважина и ее номер;  
2 — мощность угольного пласта в м (числитель) и выход керна в % (знаменатель); 3 — выход угольного пласта на поверхность; 4 — тектонические нарушения; 5 — границы запасов категории В + С; 6 — границы запасов категории В

арифметического, чаще применяется в начальный период разведки месторождения.

Пример подсчета запасов способом геологических блоков (по В. И. Смирнову). На одном из участков Челябинского бурогоугольного бассейна на Урале угленосная свита характеризуется весьма сложным геологическим строением. Она находится в пределах верхнетриасовых отложений, перекрытых кайнозойскими рыхлыми породами мощностью до 35 м. В свите выделяются восемь более или менее обособленных пачек, называемых пластами, в которых перемежаются слои угля с прослойками пустых пород. Участок занимает восточное крыло синклинали, расчлененной дизъюнктивными нарушениями на несколько тектонических блоков, в пределах которых пласты угля падают под углами от 40 до 70°.

Восточно-Батурицкий пласт, наиболее мощный в угленосной свите, явился объектом подсчета запасов угля, заключенного в нем. Этот пласт состоит из серии угольных слоев, суммарная мощность которых достигает 20 м в центральной части участка и уменьшается на флангах и с глубиной. Тектоническими нарушениями пласт разделен на части, смещенные одна относительно другой.

Разведка месторождения на этом участке проведена скважинами колонкового бурения по линиям, ориентированным вкрест простирания угленосной свиты. Расстояния между разведочными линиями 80—120 м, а между скважинами по линиям — от 20 до 60 м. Скважины бурились вертикально и с небольшим наклоном, отсекая сложно расчлененный пласт на различных расстояниях друг от друга.

В соответствии со структурой пласта подсчет запасов угля произведен способом геологических блоков. Последние ограничивались в направлении падения с одной стороны линией выходов, а с другой — линией экстраполяции, проведенной под последними разведочными пересечениями на глубине; по простиранию границами блоков явились разделяющие их сбросы (рис. 139).

Ввиду сложного геологического строения угольного пласта запасы углей, подсчитанные по каждому блоку в отдельности, отнесены в центральных частях блоков (по внутреннему контуру) к категории В, а на их окраинах (по внешнему контуру) — к категории С<sub>1</sub>.

### Способ эксплуатационных блоков

В основу этого способа подсчета запасов положены требования подготовки месторождения к его отработке. Суть способа заключается в разбивке тела полезного ископаемого или его части на серии блоков согласно принятой системе отработки. Такого рода блоки уже очерчиваются горно-подготовительными выработками с трех или четырех сторон (см. рис. 54). Следовательно, способ эксплуатационных блоков применим в конечный период разведки месторождения — частично при его детальной разведке, но главным образом в процессе отработки месторождения для подсчета запасов по данным эксплуатационной разведки.

Объем тела в блоке, оконтуренном с четырех сторон, вычисляется по формуле

$$V = S \frac{m_1 L_1 + m_2 L_2 + m_3 L_3 + m_4 L_4}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}, \quad (53)$$

где  $S$  — площадь блока;

$m$  — средняя мощность тела по горной выработке;

$L$  — длины выработок.

При значительных колебаниях объемного веса запасы руды в блоке вычисляются по формуле

$$Q = V \frac{d_1 m_1 L_1 + d_2 m_2 L_2 + d_3 m_3 L_3 + d_4 m_4 L_4}{m_1 L_1 + m_2 L_2 + m_3 L_3 + m_4 L_4}, \quad (54)$$

где  $d$  — средний объемный вес полезного ископаемого по горной выработке.

Вычисление запасов полезного компонента в общей форме также производится со взвешиванием содержания полезного компонента на подсчетные параметры по каждой выработке, оконтуривающей блок:

$$Z = Q \frac{c_1 d_1 m_1 L_1 + c_2 d_2 m_2 L_2 + c_3 d_3 m_3 L_3 + c_4 d_4 m_4 L_4}{d_1 m_1 L_1 + d_2 m_2 L_2 + d_3 m_3 L_3 + d_4 m_4 L_4}, \quad (55)$$

где  $c$  — среднее содержание полезного компонента по горной выработке.

Если блок оконтурен с трех сторон, то расчеты по приведенным формулам производятся только по трем выработкам. Но при подготовке крупных массивов к отработке иногда эксплуатационные блоки имеют не плоские формы, а приближающиеся к кубам или призмам больших размеров. В таких случаях горно-подготовительных выработок, обрисовывающих блок в разных направлениях, бывает больше четырех и все они должны участвовать в подсчете запасов полезного ископаемого. В каждом конкретном случае в зависимости от соотношений различных горных выработок и буровых скважин методика подсчета запасов полезного ископаемого будет иметь свои особенности.

Подсчеты запасов способом эксплуатационных блоков дают наиболее точные и достоверные результаты определения запасов полезного ископаемого, поскольку они базируются на самых детальных разведочных данных, на множестве разведочных пересечений и проб.

### Способ разрезов

Подсчет запасов с изображением подсчетных площадей в разрезах является способом, наиболее полно учитывающим геологические особенности тел полезных ископаемых. Это обстоятельство особенно важно при подсчетах запасов полезных ископаемых тех месторождений, которые обладают изменчивыми и сложными формами. Поэтому способ разрезов распространен в практике подсчетов запасов руд многих металлических и неметаллических полезных ископаемых; в меньшей степени он применяется для подсчета запасов горючих

сланцев, углей и других полезных ископаемых, представленных месторождениями простых пластовых форм.

Сущность способа состоит в том, что тело полезного ископаемого разбивается на блоки, ограниченные геологическими разрезами, построенными по соответствующим разведочным пересечениям. В зависимости от ориентировки разведочных пересечений, образующих разрезы первого порядка, различаются две разновидности способа подсчета: 1) способ вертикальных разрезов и 2) способ горизонтальных разрезов. Первый типичен для мощных залежей вытянутых или изометричных форм, разведанных вертикальными или наклонными буровыми скважинами при небольшом участии горных

разведочных выработок — шурфов, дудок и т. п. Второй способ обычно применяется при разведке месторождения горными и горно-буровыми системами с преобладающими горизонтальными разведочными пересечениями из подземных горных выработок; он характерен для крутопадающих более или менее мощных тел полезных ископаемых, а также для штокообразных и трубообразных месторождений. В связи с тем, что месторождения отрабатываются горизонт по определенным этажам или уступам, способ подсчета запасов горизонтальными разрезами наиболее удобен для проектирования рудников.

При расчленении тела подсчетными разрезами на блоки каждый из них ограничивается двумя практически параллельными разрезами, за исключением двух крайних блоков — правого и левого при вертикальных разрезах или верхнего и нижнего при горизонтальных разрезах. Эти последние блоки опираются лишь одной стороной на разведочный разрез, с остальных сторон ограничиваются экстраполяциянными поверхностями по геологическим или иным соображениям (рис. 140).

Подсчет способом разрезов распадается на два этапа. Сначала подсчитываются так называемые линейные запасы ( $q$ ) в пределах условных пластин, соответствующих по площадям каждому разведочному разрезу толщиной 1 м; затем путем усреднения данных по разрезам, ограничивающим блоки, находятся значения подсчетных параметров для каждого блока.

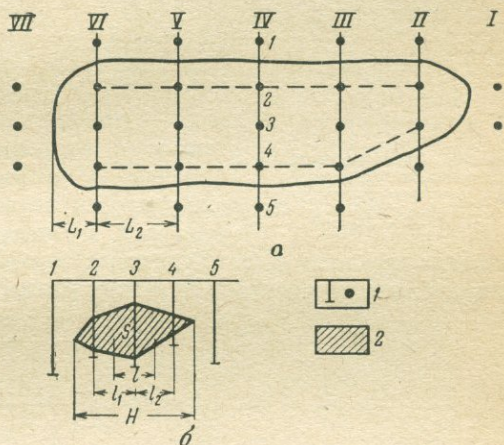


Рис. 140. Схема расположения подсчетных блоков при подсчете запасов руд методом разрезов

а — план; б — разрез по линии IV  
1 — разведочные выработки; 2 — площадь сечения рудного тела

Чтобы подсчитать линейные запасы в разрезе, определяются среднее содержание полезного компонента ( $c$ ) и средний объемный вес полезного ископаемого ( $D$ ) по разведочным пересечениям в этом разрезе путем вычислений способом среднего взвешенного:

$$c = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}; \quad (56)$$

$$D = \frac{d_1 m_1 + d_2 m_2 + \dots + d_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}. \quad (57)$$

Линейные запасы полезного ископаемого и полезного компонента, в нем заключенного, находятся из выражений:

$$q = S \cdot D; \quad (58)$$

$$Z = q \cdot c, \quad (59)$$



Рис. 141. Схема определения среднего расстояния между непараллельными разрезами

где  $S$  — площадь сечения тела полезного ископаемого в разрезе.

Объем и запасы полезного ископаемого между двумя параллельными сечениями находятся как произведение полусуммы площадей пластин и запасов, заключенных в обеих пластинах, ограничивающих блок, на расстояние между ними ( $H$ ):

$$V = H \frac{S_1 + S_2}{2}; \quad (60)$$

$$Q = H \frac{q_1 + q_2}{2}; \quad (61)$$

$$Z = H \frac{z_1 + z_2}{2}. \quad (62)$$

Если разрезы на разведанном объекте не параллельны, а сходятся под небольшим углом (не более  $10^\circ$ ), то расстояние между разрезами можно принимать как среднюю величину:

$$H = \frac{H_1 + H_2}{2}, \quad (63)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — перпендикуляры, опущенные из середины каждого разреза на противоположный разрез (рис. 141).

Среднее содержание полезного компонента и средний объемный вес в блоке между разрезами вычисляются как отношения величин:

$$c_{\text{ср}} = \frac{Z}{Q}; \quad (64)$$

$$D_{\text{ср}} = \frac{Q}{V}. \quad (65)$$

Приведенные формулы применимы только при параллельных разрезах или при их расположении под небольшим углом друг к другу, а также, если разница в площадях сечений соседних разрезов не

превышает 40%. В случаях же непараллельных сечений и резко различных площадях сечений тела в соседних разрезах вычисления объемов и запасов полезного ископаемого могут выполняться с применением других математических выражений, соответствующих особенностям тех или других геометрических форм подсчетных блоков — пирамид, цилиндров, конусов.

Пример применения способа вертикальных разрезов (по В. М. Крейтеру). Белорецкое железорудное месторождение залегает среди отложений эффузивно-осадочного комплекса, относимых к девону. Девонские отложения вместе с подстилающими их свитами ордовик-силурийских осадочно-метаморфических пород собраны в складки и прорваны варисийскими интрузиями. Рудоносная скарновая зона, согласная с элементами залегания вмещающей свиты, приурочена к горизонту мраморизованных известняков с прослоями роговиков. Наибольшая концентрация магнетита наблюдается в ее висячем и лежащем боках, где и выделяются два рудных тела, разделенных прослоем безрудных скарнов (рис. 142).

Рудные тела имеют форму уплощенных линз размерами по простиранию 1360 и 1040 м, по падению 510 и 300 м при средних мощностях 20 и 22 м. Руды характеризуются средним содержанием железа валового 33,9%, серы 0,23%, кремнезема 26,5%, глинозема 2,75%. Они удовлетворительно обогащаются на магнитных сепараторах (извлечение 81%) и хорошо агломерируются. Суммарные запасы руд около 120 млн. т.

Разведка месторождения производилась в две стадии: в стадию предварительной разведки рудные тела были вскрыты с поверхности

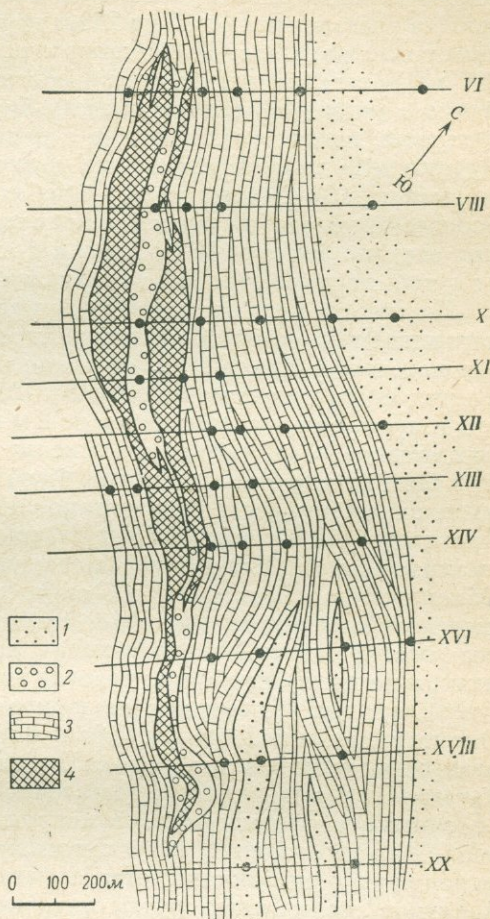


Рис. 142. Геологический план Белорецкого железорудного месторождения

1 — песчаники и роговики; 2 — скарны; 3 — мраморизованные известняки; 4 — магнетитовые руды

серией канав, пройденных через 40 м друг от друга, и пересечены на глубине единичными скважинами. Детальная разведка месторождения осуществлялась при помощи скважин колонкового бурения глубиной до 450 м. Скважины проходились с наклоном и пересекали рудные тела на расстояниях от 40 до 240 м друг от друга, образуя серию вертикальных разрезов. Расстояния между разрезами в среднем около 200 м. Детальная магнитометрическая съемка, проводимая одновременно с разведкой месторождения буровыми скважинами, дала результаты, вполне совпадающие с данными по буровым скважинам. Рудные тела выделяются в виде четкой магнитной аномалии интенсивностью 10—20 тыс. гамм. Опробование рудных тел проводилось бороздовым способом в разведочных канавах секциями по 2 м длиной при сечении борозды  $10 \times 5$  см, а в скважинах отбирался материал из керна по трехметровым интервалам.

Подсчет запасов железной руды выполнен способом вертикальных параллельных сечений. Минимальное содержание железа в руде для подсчета принято 25%, отдельно подсчитаны забалансовые запасы руд с содержанием железа 20—25%. Некондиционные прослои руд и пустых пород мощностью до 2 м включались в подсчет балансовых запасов, если среднее содержание по разведочному пересечению при этом вместе с прослоями не было ниже 25%. Минимальная промышленная мощность руды установлена была в 2 м. Подсчет запасов произведен на основании 1350 рядовых и 65 групповых химических анализов проб. Измерение площадей выполнялось планиметром. Объемный вес на основании 506 определений был установлен дифференцированно в зависимости от содержания железа в руде. Среднее содержание металла по скважинам определялось как среднее взвешенное на длину проб, а по разрезу как среднее взвешенное на общие длины рудных интервалов по каждому разведочному пересечению. Оконтуривание подсчетных блоков и присвоение им той или другой категории выполнялось исходя из следующих положений. Запасы категории В выделялись в достаточно надежном контуре между разведочными пересечениями, фиксирующими непрерывность рудного тела. Для категории  $C_1$  допускалось проведение менее надежных контуров между скважинами, отстоящими далеко друг от друга, а также контуров, полученных путем интерполяции данных между рудной и нерудной скважиной, как правило, на половину расстояния между ними и путем экстраполяции за пределы крайнего разведочного пересечения на 100 м. Запасы категории  $C_2$  примыкают к блокам запасов категории  $C_1$  ниже по падению рудных тел с экстраполяцией их в этом направлении до 200 м. Среднее содержание металла в блоках категории  $C_2$  принималось таким же, как и содержание в смежных блоках категории  $C_1$ . Общий контур рудных залежей отстраивался из расчета плавного выклинивания рудных тел.

Пример применения способа горизонтальных разрезов (по А. П. Прокофьеву). Оловорудное штокверковое месторождение находится в центральной части массива гранодиорит-порфиров. Рудные минералы приурочены к сети разно-

ориентированных мелких прожилков, линзочек и друз и ассоциируют с кварцем. Мощность прожилков не превосходит обычно 1—2 см при нескольких десятках сантиметров по длине. Промышленные руды слагают массивное несколько уплотненное тело, обнажающееся на водоразделе и по склону на значительной площади. Штокверк не имеет четких геологических границ и поэтому его условные контуры проведены в связи с подсчетом запасов руд на основании данных систематического опробования как поверхностных, так и подземных разведочных выработок.

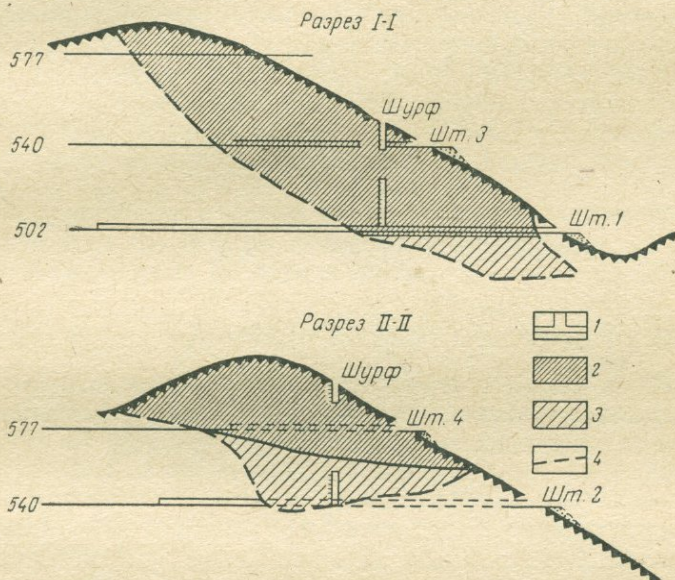


Рис. 143. Разрезы штокверкового оловорудного месторождения по линиям I—I и II—II

1 — горные разведочные выработки; 2 — запасы категории  $C_1$ ; 3 — запасы категории  $C_2$ ; 4 — общий контур подсчета запасов промышленных руд

Месторождение разведано с поверхности сетью канав и мелких шурфов при средней плотности  $150 \text{ м}^2$  на один пункт опробования. На глубину разведка велась горизонтальными подземными выработками из штолен, задаваемых по склону водораздела на горизонтах (снизу вверх): 502; 540 и 577 м (рис. 143).

В соответствии с системой разведки месторождения при помощи горизонтальных сечений горными выработками производился подсчет запасов руд и металла по способу горизонтальных разрезов. На каждом из трех разведочных горизонтов и по поверхности проведены контуры рудного штокверка по результатам опробования разведочных выработок (рис. 144). Эти контуры оказались существенно различными на разных горизонтах. Площади сечений штокверка отличаются друг от друга в 1,5—2 раза по размерам и смещены одна относительно

другой ввиду склонения рудного тела. Таким образом, общая форма рудного тела представляет собой подобие сильно наклонной призмы, которая и была рассчитана горизонтальными разрезами на три

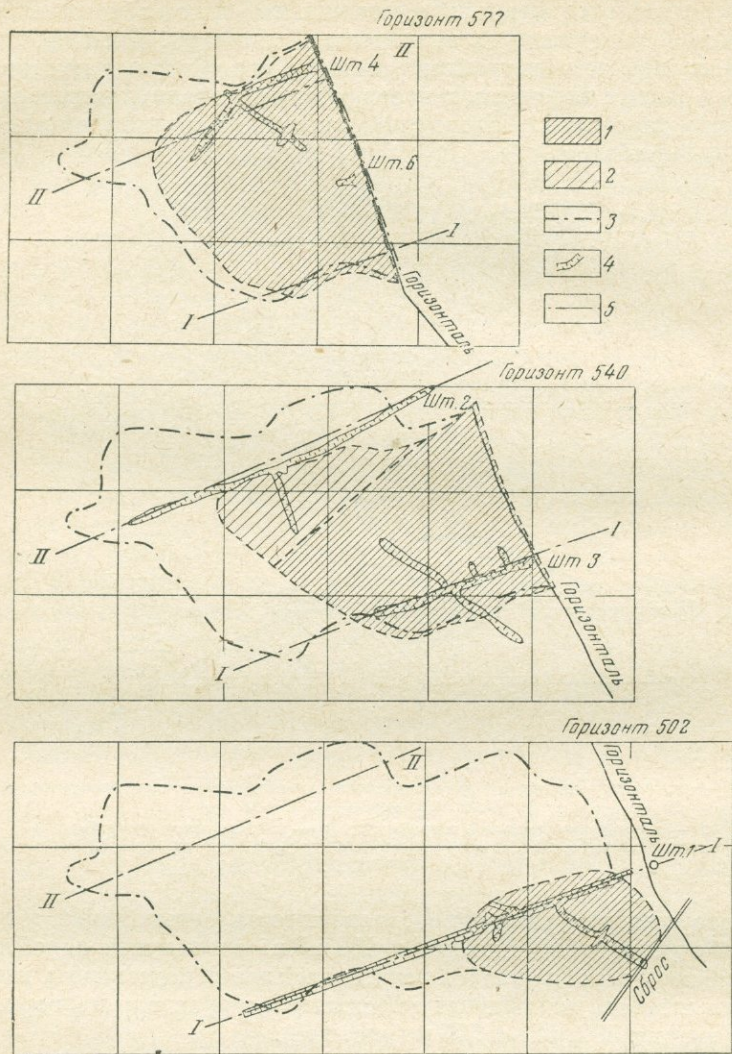


Рис. 144. Схема подсчета запасов штокового оловянного месторождения методом горизонтальных разрезов

1 — запасы категории  $C_1$ ; 2 — запасы категории  $C_2$ ; 3 — контур рудного штока на поверхности; 4 — горные разведочные выработки; 5 — линии вертикальных разрезов

части: от поверхности до горизонта 577 м, от горизонта 577 м до горизонта 540 м и от этого горизонта до самого нижнего разведочного горизонта 502 м.

Ниже горизонта 502 м, на котором вскрыта наименьшая площадь выклинивающегося с глубиной рудного тела, подвешен четвертый экстраполированный блок на небольшую глубину — на половину расстояния между разведочными горизонтами.

В итоге описанных построений для подсчета запасов образованы четыре подсчетных блока. Каждый из трех блоков заключен между разведочными горизонтами, по которым определены средние содержания олова по данным обоих горизонтов, ограничивающих блок. Объемы рудного тела между горизонтами подземных горных выработок вычислены по формуле призмы. Объем тела между поверхностью и горизонтом 577 м вычислен по формуле цилиндра, за основание которого принята площадь сечения штокверка на горизонте, а за высоту — среднее расстояние от этого горизонта до поверхности. Также по формуле цилиндра вычислен объем самого нижнего блока, для которого основанием послужила площадь рудного тела на горизонте 502 м.

Запасы трех верхних блоков по степени их разведанности отнесены к категории  $C_1$ . Запасы самого нижнего экстраполированного блока квалифицированы по категории  $C_2$ .

## 6. ПРОЧИЕ СПОСОБЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Здесь кратко описаны способы подсчета запасов, вышедшие из употребления или редко применяющиеся в последнее время ввиду неоправданной их трудоемкости. Тем не менее некоторые из этих способов могут быть использованы в особых случаях, например при научных исследованиях или для целей наиболее наглядного изображения результатов разведки на разного рода выставках и т. п.

### Статистический способ

Этот способ подсчета запасов заключается в выяснении выхода полезного ископаемого в результате эксплуатации части месторождения (или очень детальной разведки небольшой части) и затем — в распространении полученных данных на всю остальную площадь (объем) месторождения, где сохраняется та же геологическая обстановка. Так, по верхнему эксплуатационному этажу по данным детальных разведок и эксплуатации определяются запасы руды на 1 м углубки и затем принимается условие, что с глубиной сохраняется такое же значение величины запасов на каждый метр по вертикали. Отсюда подсчитываются общие запасы месторождения (отдельной залежи).

Такой подсчет дает лишь ориентировочное представление о возможных запасах на участках, прилегающих к эксплуатируемому. Он применяется на действующих предприятиях при оценке флангов или других частей месторождения для выяснения целесообразного направления разведочных работ. Этот способ также применим для приблизительного определения прогнозных запасов рудных полей и бассейнов. Этим способом подсчитывались запасы пьезооптического

кварца на некоторых месторождениях, обладающих исключительно сложным строением и крайне неравномерным распределением полезных минералов в пределах месторождения.

### Способ ближайшего района

Этот способ, называемый еще способом А. К. Болдырева, состоит в том, что месторождение разбивается на ряд многоугольников в плане с таким расчетом, чтобы к каждому разведочному пересечению отошел

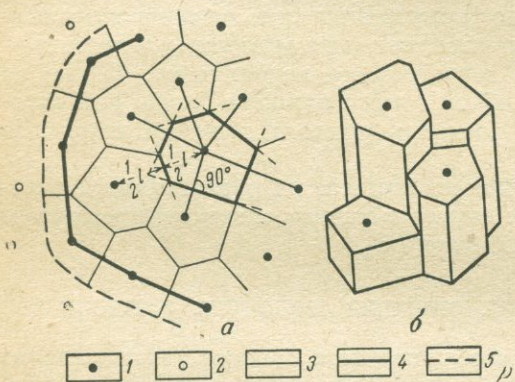


Рис. 145. Схема построений к подсчету запасов способом ближайшего района

*a* — часть подсчетного плана с примером построения многоугольника по одной выработке (вертикальное разведочное пересечение):  
 1 — выработки, вскрывшие полезное ископаемое;  
 2 — безрудные выработки; 3 — контуры подсчетных многоугольников; 4 — внутренний контур подсчета запасов; 5 — внешний контур подсчета запасов.  
*б* — форма рудного тела, преобразованная по способу ближайшего района (в аксонометрической проекции)

тяготеющий к нему ближайший участок (рис. 145, *a*). Для построения многоугольников каждую точку разведочного пересечения в плане, разрезе или в проекции на плоскость тела полезного ископаемого соединяют прямыми линиями со смежными пунктами разведочных пересечений; затем каждая такая вспомогательная линия делится пополам перпендикуляром к ней. Пересечения всех перпендикуляров вокруг точки образуют замкнутый многоугольник, являющийся «ближайшим районом», на который распространяются данные, полученные по соответствующему раз-

ведочному пересечению. Таким образом месторождение разбивается на множество многогранных призм (рис. 145, *б*), высотой которых являются мощности тела полезного ископаемого в каждой призме.

Запасы полезного ископаемого вычисляются в каждой призме на основании данных одной скважины, расположенной в середине призмы. Общие запасы месторождения являются суммой запасов, подсчитанных в отдельных призмах.

Способ ближайшего района усложняет построения и расчеты при подсчете запасов полезного ископаемого и по этой причине становится практически неприменимым на крупных месторождениях, разведанных при большом количестве пересечений. Главным же его методическим недостатком является то, что одна выработка не представлятельна для того, чтобы по ней можно было достаточно надежно определить запас полезного ископаемого в прилегающем участке, особенно при разведке неравномерных по содержанию полезного компонента месторождений. Кроме того, способ многоугольников не

дает возможности выделять сорта полезного ископаемого в вертикальном разрезе и не позволяет очертить их в плане, так как формальные границы «ближайшего района» могут не совпадать с природными границами сортов полезного ископаемого. Существенным недостатком способа является то, что подсчет непригоден для целей отработки месторождения, поскольку подсчетные блоки в сумме или в отдельности не соответствуют эксплуатационным блокам.

### Способ треугольников

Так же как и способ многоугольников, этот способ приводит к разбивке объекта разведки на части в зависимости от местоположения разведочных пересечений. Построения для подсчета заключаются в соединении всех пунктов разведочных пересечений на подсчетном плане прямыми линиями, в результате чего площадь объекта разведки условно делится на множество прилегающих друг к другу треугольников (рис. 146). Так тело полезного ископаемого подразделяется на трехгранные призмы, ребра которых представлены разведочными пересечениями. В каждой призме учитываются данные, полученные по трем разведочным пересечениям.

Запасы полезного ископаемого подсчитываются в каждой отдельной призме, объем которой определяется как произведение средней мощности по трем пересечениям на площадь треугольного основания. Средние содержания полезных компонентов и средние объемы веса в пределах призмы вычисляются по данным тех же трех разведочных пересечений. Общие запасы объекта разведки подсчитываются как сумма запасов всех трехгранных призм.

Способ треугольников обладает теми же недостатками, что и способ ближайшего района. Правда, данные о запасах в трехгранной призме более надежны, поскольку они опираются не на единственное разведочное пересечение, а на три пересечения, но при весьма неравномерном распределении полезного компонента погрешности подсчета запасов в отдельных призмах могут быть весьма большими.

### Способ изолиний

Существует несколько способов подсчета запасов полезных ископаемых при помощи изолиний — построений, широко применяющихся в разведочном деле для наглядного изображения тех или других свойств объектов разведки (форм тел полезных ископаемых,

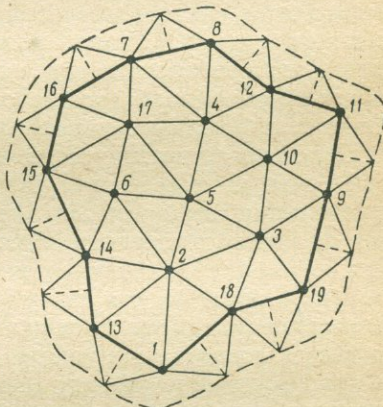


Рис. 146. Схема расположения подсчетных блоков при подсчете запасов способом треугольников

распределения содержаний полезных компонентов или вредных примесей, физических свойств руд и т. п.). Однако эти способы применяются в редких случаях главным образом ввиду сложности построений и подсчетов. Из способов изолиний, которые применялись для подсчета запасов разведанного месторождения или его части, можно назвать способ Ф. Н. Шклярского, разработанный к подсчету запасов липецких месторождений железных руд в 1921 г., и способ П. К. Соболевского, впервые опубликованный в 1928 г. И тот и другой способ заключаются в преобразовании сложных природных форм тела полезного ископаемого в несколько упрощенное равновеликое тело по правилам топографии. Такое преобразованное тело изображается в виде топографической поверхности в плане, ограничивающей его сверху, а нижняя поверхность тела представлена плоскостью. Для подсчета запасов вычисляется объем тела аналитическим путем (по формуле приближенного интегрирования или по формулам геометрии) или графоаналитическим способом, когда производится измерения площадей горизонтальных сечений палеткой или планиметром и объем вычисляется как произведение площадей средних сечений на расстояния между ними. Запасы минерального сырья и полезного компонента, заключенного в нем, вычисляются как произведения средних значений объемного веса и содержания полезного компонента на объем тела полезного ископаемого.

Одной из разновидностей способа изолиний является метод изогипс (равных высот), называемый еще методом В. И. Баумана. Он применяется для подсчетов запасов дислоцированных, но выдержанных по мощности пластов каменного угля. Для такого подсчета составляется план, на котором изображается поверхность пласта в виде изогипс. Очевидно, что объем части пласта, заключенный между двумя изогипсами, равен площади между ними, умноженной на среднюю мощность пласта по данному участку. Запасы угля, подсчитанные по каждому участку между всеми изогипсами, в сумме определяют величину общих запасов объекта разведки.

## 7. О ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Здесь приводятся лишь самые общие сведения. Для изучения методов подсчета запасов этих полезных ископаемых следует обратиться к специальным учебным пособиям.

Методы подсчета запасов нефти различаются трех видов: объемные, статистические и материальных балансов.

*Объемный метод* основан на данных о распределении нефти в горных породах. По этому методу подсчитывается извлекаемый запас нефти, исходя из нефтеносной площади, эффективной мощности пласта, коэффициентов, характеризующих нефтенасыщенность и способность нефти выделяться из вмещающих пород с учетом удельного веса жидкости.

*Статистический метод* подсчета основан на изучении закономерности падения дебита нефтяных скважин по соответствующим кривым. Экстраполяция этих кривых дает возможность определить добычу и запасы нефти в предстоящий период.

*Метод материального баланса* базируется на изучении физических свойств жидкости и газа, содержащихся в пласте, и изменении их соотношений в процессе разработки месторождения. На основании изменений пластового давления по мере извлечения нефти и перераспределения в пласте нефти, воды и газа можно составить уравнение материального баланса. Это последнее дает возможность подсчитать запас нефти.

Методы подсчета запасов газа — объемный и падения давления — основаны на изучении пористости пород, вмещающих газ, или на изучении падения давления газа по мере его извлечения из недр и тот и другой методы дают возможность определить извлекаемые запасы газа.

Методы подсчета запасов подземных вод основываются на определениях объемов водоносных горных пород и на их водоотдаче под влиянием различных условий статического или динамического напора. При этом различаются способы подсчета: 1) вековых запасов подземных вод и 2) эксплуатационных запасов этих вод.

## 8. ПОНЯТИЯ О ПРОМЫШЛЕННОЙ ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Промышленная оценка месторождения полезного ископаемого есть определение его промышленного значения в данное время и в конкретных географо-экономических условиях. Промышленное же значение месторождения зависит от того, насколько оно пригодно для использования в народном хозяйстве, т. е. каковы технические возможности и экономическая целесообразность добычи и переработки полезного ископаемого, заключенного в пределах месторождения.

Каждая стадия разведки месторождения или его части завершается промышленной оценкой объекта разведки с большей или меньшей определенностью в зависимости от надежности исходных данных. На ранних стадиях исследования в результате поисково-разведочных работ и при проведении предварительной разведки дается ориентировочная оценка возможного промышленного значения предполагаемого месторождения. Такие оценки называются перспективными и геолого-экономическими, что подчеркивает преобладание в основе этих оценок элементов прогноза и предполагаемых по геологическим соображениям оценочных показателей при ограниченности фактических данных и технико-экономических обоснований. На ранних стадиях изучения для оценки вновь выявленного месторождения обычно применяется метод простых аналогий, т. е. сравнение

вновь выявленного месторождения с подобными (аналогичными) по их натуральным свойствам — размерам, качеству руд, условиям залегания и др. Иногда при этом бывают целесообразны простейшие расчеты показателей оценки, которым уделено внимание во II главе настоящего учебника. По завершении предварительной разведки и в процессе детальной разведки месторождения осуществляется его промышленная оценка на основании оценочных показателей, рассчитанных по достаточно надежным результатам разведки, с изучением возможности добычи и переработки полезного ископаемого, а также экономики района.

Промышленные оценки месторождений полезных ископаемых могут быть подразделены на две группы:

предварительные промышленные оценки, осуществляемые в процессе разведки месторождения, преимущественно в последний период разведочных работ предварительной стадии или при детальной разведке до ее завершения;

проектные промышленные оценки, которые выполняются по окончании разведки, предшествующей отработке месторождения, и являются основанием для проектирования добычи и переработки полезного ископаемого.

Первые обычно выполняются разведчиками при некоторых консультациях специалистов горняков и технологов. Вторые разрабатываются проектными организациями при участии всех специалистов, связанных с предполагаемым освоением разведанного месторождения. Конкретным выражением предварительной промышленной оценки месторождения является технико-экономический доклад (ТЭД), в котором приводятся первые полные обоснования промышленного значения месторождения и который дает возможность переходить от стадии предварительной разведки к стадии детальной разведки. Конкретным выражением проектной промышленной оценки месторождения является проект его разработки.

### Показатели ценности месторождения

В практике современных геологоразведочных работ показатели ценности месторождения выражаются следующими расчетными данными.

1. Запасы полезного ископаемого разведанные ( $A + B + C_1$ ) и перспективные ( $C_2$  и прогнозные). При оценке комплексных месторождений должны быть учтены запасы всех полезных компонентов, заключенных в рудах, и разные виды полезных ископаемых, находящихся в пределах месторождения.

2. Суммарная ценность месторождения может быть выражена потенциальной ценностью извлекаемой части запасов полезного ископаемого, т. е. величиной этих запасов, за вычетом потерь полезных компонентов при добыче и переработке, умноженной на цену товарной продукции, получаемой из разведанных запасов полезного ископаемого.

Цена полезных компонентов, отнесенная к 1 т руды, есть удельная ценность. Суммарная и удельная ценность могут быть определены в валовом выражении, т. е. без учета потерь полезных компонентов при добыче и переработке, а также как и з в л е к а е м а я ценность, с учетом этих потерь. Та и другая являются величинами потенциальными, так как затраты на добычу и переработку руды только предполагаются.

3. Производительность будущего горного предприятия, являющаяся важнейшим оценочным показателем, определяется в зависимости от величины запасов полезного ископаемого и способа добычи — подземного или открытого. Она выражается в среднегодовой добыче полезного ископаемого, а при обогащении руд также в среднегодовом производстве концентратов или иной товарной продукции.

4. Капитальные затраты и их эффективность определяют возможность строительства горного предприятия в данное время. Различаются непосредственные затраты на строительство горного предприятия и необходимых при этом жилищных и коммунальных зданий и сооружений и затраты с м е ж н ы е — на строительство энергетических предприятий, транспортных магистралей в области, на разведку месторождений полезных ископаемых вблизи осваиваемого объекта.

Эффективность капитальных затрат определяется их удельными затратами на 1 т извлекаемых запасов полезного ископаемого, на 1 т годовой производительности предприятия и на 1 руб. годовой продукции предприятия. Основным показателем экономической эффективности капитальных вложений в промышленное освоение месторождений является срок их окупаемости прибылями от реализации товарной продукции горного предприятия. Средний нормативный срок окупаемости капитальных вложений в горнодобывающей промышленности установлен 6—7 лет.

5. Себестоимость добычи и первичной переработки руды, представляющая собой отношение затрат на добычу к количеству добываемой руды или затрат на обогащение к количеству получаемого концентрата, рассчитывается обычно на 1 т продукции. В этом экономическом показателе отражаются необходимые эксплуатационные расходы.

6. Рентабельность разработки месторождения выясняется путем сопоставления предполагаемой суммы среднегодовой прибыли со стоимостью основных производственных фондов и с ожидаемой себестоимостью продукции. В показателе рентабельности разработки месторождения полезного ископаемого выражается конечный экономический эффект его использования в народном хозяйстве.

### Методика промышленной оценки

Расчет показателей ценности разведанного месторождения и сравнение их с соответствующими показателями других разведанных или отработанных месторождений определенного промышленного типа

составляет основу оценки месторождения. Как правило, такое сравнение дает достаточно оснований для решения вопроса о целесообразности отработки разведанного месторождения. При обилии месторождений разных промышленных типов в отрасли горнодобывающей промышленности может возникнуть необходимость сравнения между собой разведанных месторождений различных промышленных типов. В этих случаях сравнение должно проводиться с осторожностью, так как представители различных промышленных типов обычно несопоставимы по тем или другим показателям ввиду существенных различий природных, горнотехнических или технологических свойств месторождений и полезных ископаемых. Однако при оценке разнотипных месторождений бывает возможно наметить очередность освоения таких месторождений. В первую очередь должны осваиваться наиболее доступные и выгодные в экономическом отношении объекты. При этом месторождения, относимые ко второй очереди, не утрачивают своего потенциального промышленного значения.

Процесс промышленной оценки разведанного месторождения состоит из четырех частей: 1) геологической; 2) горнотехнической, 3) технологической и 4) экономической.

Первым звеном оценки является выяснение достоверности геологических, горнотехнических и технологических данных, полученных в процессе разведки месторождения и из других источников.

Геологическая часть оценки имеет целью установление степени полноты и достоверности сведений о месторождении, полученных при разведке. Основным натуральным показателем ценности месторождения являются запасы полезного ископаемого; они определяют производственную мощность и экономику деятельности будущего горного предприятия. Поэтому достоверность запасов, подсчитанных в результате разведки, определяет надежность всех прочих расчетов и построений, связанных с промышленной оценкой месторождения.

Общепризнанными показателями достоверности подсчитанных запасов полезного ископаемого служат категории действующей классификации запасов (А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>). Существенным недостатком этих показателей в настоящее время является то, что категории запасов не имеют количественной характеристики достоверности. Современные представления о категориях позволяют оценить лишь весьма грубо относительную достоверность подсчитанных запасов в общих выражениях, как, например, «надежные», «вероятные», «возможные», «доказанные», «предполагаемые». Поэтому решение проблемы количественных выражений достоверности запасов полезных ископаемых, подсчитанных в недрах, является важнейшей задачей методических исследований в области разведки месторождений.

Горнотехническая часть оценки состоит в определении достоверности и надежности сведений об условиях разработки месторождения и затем — в установлении рационального способа его отработки (открытого, подземного, комбинированного). Для

этого применяются некоторые приемы проектирования горного предприятия и соответствующий расчетный аппарат.

При горнотехнической оценке месторождения основными задачами являются: определение состава предприятия и установление оптимальной его производственной мощности ( $A$ ).

Технологическая часть оценки также заключается в выяснении полноты и надежности данных о качестве полезного ископаемого и о возможностях его переработки или прямого использования в народном хозяйстве.

Одной из важнейших задач оценки комплексных полезных ископаемых по большинству их видов является установление допустимых минимальных пределов извлечения полезных компонентов из минерального сырья. Для большинства рудных месторождений оценка минимальных показателей промышленной ценности руды в технологическом отношении представляет собой сравнительный анализ извлечения металла из руды при его обогащении.

Экономическая часть оценки состоит в расчете основных экономических показателей предполагаемого горного предприятия и затем в сопоставлении их с такими же показателями действующих или других запроектированных горных предприятий.

Минимальные расчеты основных экономических показателей заключаются в вычислении величин: извлекаемой ценности, себестоимости добычи и переработки полезного ископаемого, коэффициентов эффективности капитальных вложений, предполагаемой рентабельности горного предприятия.

Извлекаемая ценность полезного ископаемого, заключенная в тонне руды, вычисляется по следующей формуле на основании данных разведки и технологических испытаний по переработке этой руды:

$$Ц = \frac{1-p}{100} \sum_1^k Ц_{кк} \cdot c \cdot u, \quad (66)$$

где  $k$  — число полезных компонентов;

$Ц_{кк}$  — цена 1 т полезного компонента, руб.;

$c$  — среднее содержание полезного компонента в руде, %;

$u$  — коэффициент извлечения полезного компонента, доли единицы;

$p$  — коэффициент разубоживания руды при добыче, доли единицы.

Для других полезных ископаемых (нерудных, жидких) расчетные формулы могут иметь иной вид, но сущность их во всех случаях одна и та же — вычисление ценности, заключенной в единице полезного ископаемого, за вычетом потерь при добыче и переработке и с учетом ухудшения качества полезного ископаемого, если оно загрязняется (разубоживается) при добыче.

Себестоимость добычи и переработки полезного ископаемого может быть выяснена прямым расчетом по проектным нормативам или при помощи обобщенных данных по аналогичным предприятиям,

выраженных в виде эмпирических формул или номограмм. В. В. Померанцев, например, рекомендует для простейших оценочных расчетов формулу себестоимости [17].

$$C = a + \frac{b}{A}, \quad (67)$$

где  $A$  — годовая производительность горного предприятия, предполагаемого на оцениваемом месторождении;  
 $a$  и  $b$  — эмпирические коэффициенты, свойственные горным и перерабатывающим предприятиям разного масштаба на базе месторождений, аналогичных оцениваемому.

Удельные капитальные вложения как показатели их эффективности можно выразить при оценочных расчетах в двух основных видах:

$\mathcal{E}_1$  — в руб. на 1 т разведанных запасов полезного ископаемого;

$\mathcal{E}_2$  — в руб. на 1 т годовой добычи полезного ископаемого:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{K}{Z}; \quad (68)$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{K}{A}, \quad (69)$$

где  $K$  — капитальные вложения в горное предприятие, руб.;  
 $Z$  — запасы полезного ископаемого промышленных категорий, т;  
 $A$  — проектная производительность горного предприятия, т/год.

Ожидаемая прибыль будущего горного предприятия ( $\Pi$ ) вычисляется из сопоставления извлекаемой ценности ( $\mathcal{C}$ ) и себестоимости добычи и переработки полезного ископаемого ( $C$ ):

$$\Pi = \mathcal{C} - C. \quad (70)$$

Положительная величина ( $\Pi$ ) указывает на вероятную прибыльность будущего горного предприятия, отрицательная — на убыточность.

Итоговым сравнительным показателем оценки месторождения могут служить приведенные затраты, вычисляемые по следующей формуле:

$$\text{Пр} = \frac{И + EK}{Г}, \quad (71)$$

где  $И$  — годовые издержки производства, руб.;

$E$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (от 0,12 до 0,18);

$K$  — общие капитальные вложения в освоение месторождения, руб.;

$Г$  — годовая продукция горного предприятия, руб.

Пример расчета для оценки. На разведанном месторождении медистых песчаников выявлены запасы руды  $Z = 105$  млн. т и по ним ориентировочно определена целесообразная производительность будущего горного предприятия  $A = 2$  млн. т в год, а также необходимые для этого капитальные вло-

жения на строительство рудника и обогатительной фабрики с подъездными путями, линиями электропередач и пр.  $K = 40$  млн. руб. (согласно справочникам для проектирования). Переработка концентратов намечается на действующем металлургическом заводе.

Чтобы оценить экономическую целесообразность разработки этого месторождения, необходимо определить ряд экономических показателей. Основные из них рассчитываются следующим образом.

1. Определение извлекаемой ценности на основании оптовой цены 1 т меди (830 руб.), среднего содержания металла в руде по данным разведки (1,9%), коэффициента извлечения меди из руды (0,81) и коэффициента разубоживания руды при добыче (0,2) из опыта разработки подобных месторождений:

$$Ц = \frac{1-0,2}{100} \cdot 830 \cdot 1,9 \cdot 0,81 = 10,23 \text{ руб/т руды.}$$

2. Средняя себестоимость добычи, обогащения и металлургического передела 1 т медной руды на основании опыта эксплуатации аналогичного месторождения 6 руб/т (условно).

3. Расчеты оценочных показателей:

а) ожидаемая удельная прибыль:  $\Pi = Ц - С = 10,23 - 6 = 4,23$  руб/т;

б) удельные капитальные вложения:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{40}{105} = 38,5 \text{ коп/т руды; } \mathcal{E}'_1 = \frac{40}{1,6} = 25 \text{ руб/т меди;}$$

в) приведенные затраты:

$$\text{Пр} = \frac{И + ЕК}{Г} = \frac{12 + 0,15 \times 40}{20,46} = 0,88 \text{ руб/руб.,}$$

где  $И = A \times C$  — годовые издержки производства, руб.;

$Г = A \times Ц$  — годовая продукция горного предприятия, руб.;

$Е$  — нормативный коэффициент для предприятий цветной металлургии, равный 0,15.

Таким образом, разработка разведанного месторождения медистых песчаников представляется выгодной: предприятие будет прибыльным, а капитальные вложения окупятся за короткий срок —  $T = K : \text{АП} = 40 : 2 \times 4,23 \approx 5$  лет.

## 9. ПОНЯТИЕ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВЕДКИ

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых требует больших затрат денежных и материальных средств. На производство геологоразведочных работ в Советском Союзе ежегодно расходуются миллиарды рублей. Расходы на разведку некоторых полезных ископаемых достигают половины всех капитальных вложений на промышленное освоение месторождений этих промышленных типов. Поэтому наиболее эффективное расходование средств на геологоразведочные

работы имеет весьма большое значение. Отсюда и вытекает общее определение понятия «экономическая эффективность» разведки отдельного месторождения, его части или группы месторождений в отрасли горной промышленности. Экономическая эффективность разведки — есть отношение затрат на разведку к ее результатам.

Практическое определение значения экономической эффективности разведки месторождения оказывается сложной задачей вследствие природного разнообразия месторождений полезных ископаемых и условий их залегания, а также ввиду невозможности прямого стоимостного сопоставления денежных затрат на разведку с ее основным результатом — суммой запасов полезного ископаемого. Последние не имеют стоимостного выражения, а извлекаемые ценности, заключенные в месторождениях даже одного промышленного типа, могут сильно колебаться прежде всего в зависимости от размеров различных месторождений одного и того же типа. В общем случае может быть хорошо, экономично и качественно разведано плохое месторождение; может быть плохо, с излишествами и при невысоком качестве работ разведано богатое и легкодоступное, т. е. хорошее, месторождение. Очевидно, что формально разведка первого неэффективна, так как не дала промышленно ценного месторождения, а второго — весьма эффективна ввиду того, что выявлено очень ценное месторождение, окупившее все затраты на его разведку с излишествами и переделками. Поэтому для оценки экономической эффективности недостаточно простого отнесения затрат к результатам, необходим при этом еще тщательный анализ качества проведенных геологоразведочных работ. Для гарантии достаточно надежной относительной оценки эффективности разведки месторождения целесообразно определять ее дифференцированно по месторождениям различных промышленных типов и сравнивать эффективность прежде всего по однотипным месторождениям в пределах определенной отрасли горной промышленности.

Для выражения экономической эффективности разведки месторождений полезных ископаемых служат несколько показателей. При этом различают два вида экономической эффективности разведки — народнохозяйственную и отраслевую.

Народнохозяйственная эффективность затрат на геологоразведочные работы определяется конечным производственным эффектом, который получает народное хозяйство от проведения этих работ. Конкретное выражение этого производственного эффекта — есть прирост запасов полезных ископаемых. «Чем больше обеспеченность страны разведанными запасами, меньше затраты, произведенные на разведку этих запасов, лучше качество полезных ископаемых, больше мощность рудных залежей, меньше глубины их залегания от поверхности и благоприятнее географо-экономические условия месторождений, тем выше народнохозяйственная эффективность геологоразведочных работ» [6].

Отраслевая эффективность затрат на разведку месторождений полезных ископаемых выясняется из сравнения

фактических и проектных, или нормативных, затрат на разведку конкретных аналогичных объектов. Такое представление об эффективности разведки отражает уровень техники, степень совершенства методики разведки и организации производственных процессов. На отраслевую эффективность разведки оказывают прямое воздействие также природные свойства и условия нахождения месторождения, вследствие чего не всегда можно сравнивать эффективность разведочных работ на существенно различных месторождениях. Только на аналогичных месторождениях, принадлежащих к одному промышленному типу и обладающих примерно одинаковой ценностью, уровни эффективности разведки того и другого могут служить отправными пунктами для суждения об относительном качестве и, следовательно, о более или менее эффективном выполнении разведки одного из сравниваемых месторождений.

Отраслевая экономическая эффективность геологоразведочных работ рассматривается раздельно на разных стадиях геологоразведочного процесса — поисков, поисково-разведочных работ, предварительной и детальной разведки.

**Показатели экономической эффективности разведки** прямо зависят от прироста разведанных запасов минерального сырья. Основными показателями, характеризующими народнохозяйственную эффективность геологоразведочных работ, являются:

степень обеспеченности народного хозяйства разведанными запасами полезного ископаемого;

размер возвращения денежных затрат на геологоразведочные работы в виде извлекаемой ценности из недр.

Основные показатели отраслевой эффективности разведки выражаются в удельных затратах на прирост разведанных запасов и в удельном приросте запасов полезного ископаемого на единицу затрат.

Кроме этих основных показателей отраслевой эффективности дополнительными могут служить соотношения затрат с извлекаемой ценностью, с предполагаемыми капитальными вложениями и с себестоимостью товарной продукции.

Общие затраты на разведку месторождения или его части определяются через физические объемы различных видов работ ( $a_i$ ) и себестоимость единицы каждого типа работ ( $c_i$ ):

$$Z_p = \sum (a_1 c_1 + a_2 c_2 + \dots + a_n c_n). \quad (72)$$

Разведка месторождения тем эффективнее, чем меньше затрачено физических объемов работ и денежных средств для выполнения поставленной задачи. Обычно экономия в физических объемах работ и в денежных средствах приводит к тому, что себестоимость разведки единицы запасов полезного ископаемого снижается. Таким образом, отраслевым показателем экономической эффективности разведки месторождения является себестоимость разведки единицы запасов полезного ископаемого. Она представляет собой денежные затраты на разведку этой единицы. Себестоимость разведки иначе

может быть названа удельными затратами на разведку, величина которых находится из выражения

$$c_p = \frac{З_p}{Q}, \quad (73)$$

где  $З_p$  — общие затраты на разведку месторождения полезного ископаемого или его части, руб.;

$Q$  — разведанные запасы полезного ископаемого, т.

Другим показателем эффективности разведки может быть величина, обратная удельным затратам. Она показывает экономическую эффективность разведки ( $\Theta$ ) через прирост разведанных запасов на рубль затрат:

$$\Theta = \frac{Q}{З_p}. \quad (74)$$

Затраты на единицу разведанных запасов могут быть определены по отдельным месторождениям, группам месторождений, экономическому району или по горнодобывающей отрасли в целом. Показатель эффективности можно рассчитать на каждой стадии разведки месторождения или его части и по каждой категории запасов. Для комплексных полезных ископаемых себестоимость разведки должна вычисляться с учетом всех полезных компонентов.

Важным измерителем экономической эффективности разведки является отношение затрат на разведку ( $З_p$ ) к извлекаемой ценности месторождения ( $Ц_p$ ):

$$\Theta_{ц} = \frac{З_p}{Ц_p}. \quad (75)$$

Этот показатель позволяет судить о том, насколько дорого или дешево обходится разведка объекта.

Для оценки экономической эффективности разведки месторождения полезного ископаемого предложены еще некоторые показатели. Например, рекомендуется пользоваться показателем СОЗ, который характеризует отношение затрат и отдачи в результате разведки в денежном выражении [10]:

$$\text{СОЗ} = \frac{\sum \text{п} \cdot \text{и} \cdot \text{ц} + \text{т}}{\sum \text{з}}, \quad (76)$$

где  $\text{п}$  — прирост разведанных запасов полезного компонента;

$\text{и}$  — коэффициент сквозного извлечения полезного компонента при добыче и переработке;

$\text{ц}$  — отпускная цена товарной продукции полезного компонента;

$\text{т}$  — цена попутной продукции, получаемой из минерального сырья;

$\text{з}$  — затраты на разведку объекта за расчетный период.

Такой расчет показывает ценность потенциально извлекаемых запасов на 1 руб. затрат для разведки месторождения, его части или группы месторождений в пределах отрасли горной промышленности.

За период 1961—1965 гг. фактическая отдача по ценам, действовавшим до 1 июля 1967 г., составила в целом по СССР 47 руб. извлекаемой ценности полезного ископаемого на 1 руб. затрат на геологоразведочные работы.

Обобщающим стоимостным показателем может быть коэффициент экономической эффективности разведки [25]:

$$K_3 = \frac{Ц_3 - \Phi_3}{\Phi_3}, \quad (77)$$

где  $Ц_3$  — цена 1 т разведанных запасов полезного ископаемого в недрах;

$\Phi_3$  — фактические затраты на разведку 1 т полезного ископаемого.

Этот коэффициент выражает прирост разведанной ценности на 1 руб. затрат на разведку.

Оценка эффективности разведки месторождения полезного ископаемого осуществляется путем сопоставления показателей эффективности сравниваемых объектов. Сравнение показателей за разные периоды позволяет судить об изменении экономической эффективности во времени по отдельным месторождениям, их группам, принадлежащим к определенному промышленному типу, различным районам. Результаты сравнения экономической эффективности разведки дают обоснование для решений о направлениях и интенсивности геологоразведочных работ по различным районам страны.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Изучение месторождения неизбежно продолжается и после того, как начата его отработка, так как, во-первых, в период, предшествующий эксплуатации, оно не может быть разведано настолько детально, как это представляется возможным сделать в процессе проходки подготовительных и очистных выработок; во-вторых, с началом отработки месторождения возникают новые требования к результатам геологоразведочных работ, появляется необходимость в более углубленных исследованиях различных свойств месторождения; в-третьих, отработка месторождения начинается при неоднородной его изученности, что вызывает необходимость проведения дополнительных разведочных работ в период эксплуатации месторождения на тех участках, которые ранее были слабо изучены.

Главная цель геологической службы на действующем горном предприятии заключается в том, чтобы: 1) продлить жизнь горного предприятия до предельного срока, когда будут исчерпаны все природные ресурсы полезных ископаемых на месторождении и в прилегающем районе, доступном для эксплуатации, и 2) помогать в отработке месторождения и в переработке полезного ископаемого с целью повышения технической и экономической эффективности эксплуатации.

Первое достигается путем углубленного геологического изучения месторождения с использованием разведочных и эксплуатационных выработок. При этом обычно удается обнаружить ранее незамеченные тела полезного ископаемого или их части, смещенные по тектоническим нарушениям в пределах месторождения; нередко выявляются и совершенно новые объекты на участках, прилегающих к месторождению. Так, наряду с отработкой запасов полезного ископаемого наращиваются новые его запасы, благодаря чему продлевается жизнь предприятия, иногда далеко за пределы, установленные первоначальным проектом.

Второе может быть достигнуто также в результате тщательного изучения месторождения, выполнения необходимых гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, систематического учета движения запасов полезного ископаемого в недрах. Но, кроме того, на действующем горном предприятии (промысле) геолог призван проводить специальные геолого-минералогические и геофизические

исследования для решения задач отработки месторождения и переработки добытого минерального сырья.

Изучение эксплуатируемого месторождения ведется по двум основным направлениям: 1) весьма детальные исследования форм, качества и условий залегания тел полезного ископаемого на эксплуатационных участках и 2) последовательное, все более детальное изучение ранее слабо изученных частей месторождения за пределами эксплуатационных участков. В первом направлении находит свое выражение последняя стадия геологоразведочного процесса — эксплуатационная разведка месторождения; второе направление представляет собой доразведку месторождения. Характеристика и содержание работ того и другого направлений излагаются ниже в соответствующих разделах настоящей главы.

Реальная помощь горнодобывающему предприятию со стороны геологической службы выражается в следующем:

- а) участие в планировании добычи полезного ископаемого;
- б) направление подготовительных и очистных выработок;
- в) предупреждение об изменениях горнотехнических условий эксплуатации (крепости, устойчивости горных пород, водоносности и др.);
- г) определение потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче с анализом причин этих явлений.

Участие в планировании добычи полезного ископаемого начинается со своевременного представления всех необходимых материалов эксплуатационной разведки, оперативного учета недр и баланса добычи и прироста запасов полезного ископаемого. Эти данные позволяют составить план отработки соответствующей части месторождения. Наряду с представлением объективных данных по эксплуатационному участку необходимо также активное участие представителей геологической службы в решении вопросов очередности отработки различных блоков, о целесообразных темпах добычи, сортировке полезного ископаемого и т. п.

Направление подготовительных и очистных выработок устанавливается совместно геологом и горным инженером с таким расчетом, чтобы заданные горные выработки наиболее соответствовали природным особенностям месторождения, чтобы границы выработок не вызвали слишком больших потерь или разубоживания полезного ископаемого, чтобы соблюдались технические правила прокладки путей, кабелей, труб. В процессе проведения подготовительной или очистной выработки может возникнуть необходимость в изменении ее направления или границ в связи с непредвиденным изменением элементов залегания или контуров тела полезного ископаемого. Поэтому от геолога требуется повседневное наблюдение за проходкой подготовительных и очистных выработок.

Предупреждения об изменении горнотехнических условий эксплуатации со стороны геологической службы должны делаться для предотвращения осложнений в процессе добычи. Такие предупреждения возможны на основании

систематизации гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений, позволяющей отмечать существенные изменения условий отработки месторождения и предсказывать их. Предупреждения должны касаться главным образом следующих объектов:

- а) изменения крепости горных пород в проходимых выработках;
- б) изменения устойчивости горных пород на пути проходки выработки;
- в) изменения притоков воды в горных выработках.

Предупреждения могут быть прогнозные и срочные. Первые основываются на предположениях о возможных изменениях условий проходки выработок и сообщаются заблаговременно. Вторые являются результатом непосредственных наблюдений в горных выработках и требуют срочных мер. К ним относятся признаки вероятного обвала, резкое увеличение притока воды, накопление вредных газов.

Определение и анализ причин потерь и разубоживания полезного ископаемого является важнейшим элементом деятельности геолога на горном предприятии. Потери при эксплуатации считается неизвлеченная из недр часть балансовых запасов полезного ископаемого и те количества уже добытого минерального сырья, которые теряются при транспортировке и выбрасываются в отвал с пустыми горными породами. Под разубоживанием понимается засорение полезного ископаемого пустыми породами или некондиционными массами ископаемого. При нормальной подземной отработке месторождения потери составляют 5—12% от суммы балансовых запасов полезного ископаемого; при открытом способе разработки они, как правило, меньше. Однако величины потерь достигают иногда и десятков процентов. Примешивание пустых пород к добытому полезному ископаемому, зависящее от размеров и форм тел полезного ископаемого, колеблется от 2 до 30%. При отработке маломощных жил рудная масса разубоживается в 2—3 раза.

Причины потерь и разубоживания полезного ископаемого разнообразны и многочисленны. Они подразделяются на четыре группы:

- 1) связанные с горно-геологическими и гидрогеологическими условиями (в целиках, участках тектонических нарушений, в сложных контурах тел);
- 2) зависящие от принятой системы разработки (несоответствия форм тел и выемочных камер, в магазинах, при обрушениях);
- 3) потери в охранных целиках (предусмотренные проектом для сохранения зданий и сооружений вблизи рудника);
- 4) потери от неправильного ведения горно-эксплуатационных работ (в очистных выработках, при транспортировке, в отвалах).

Объектом, в пределах которого определяются потери и разубоживание, является эксплуатационный блок. Учет потерь и разубоживания ведется систематически геологической и маркшейдерской службами горного предприятия по мере отработки тел полезных ископаемых на основании опробования, геологической документации и маркшейдерских измерений.

Величины потерь и разубоживания устанавливаются из уравнений баланса рудной массы и баланса полезного компонента<sup>1</sup>:

$$Q_2 = Q_1 - Q_3 + Q_4; \quad (78)$$

$$Q_2 c_2 = Q_1 c_1 - Q_3 c_3 + Q_4 c_4, \quad (79)$$

где  $Q_1$  — действительный запас полезного ископаемого в блоке, т;  
 $Q_2$  — добыча полезного ископаемого из блока, т;  
 $Q_3$  — потери полезного ископаемого, т;  
 $Q_4$  — вес пустых горных пород в массе добытого полезного ископаемого, т;  
 $c_1$  — содержание полезного компонента в полезном ископаемом в недрах;  
 $c_2$  — содержание полезного компонента в добытом минеральном сырье;  
 $c_3$  — содержание полезного компонента в потерянном полезном ископаемом;  
 $c_4$  — содержание полезного компонента во вмещающих горных породах, попавших в массу добытого минерального сырья.

Если для упрощения расчетов принять  $c_3 = c_1$ , то потери полезного ископаемого и засорение его пустыми горными породами можно определить из выражений:

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \left( \frac{c_2 - c_4}{c_1 - c_4} \right); \quad (80)$$

$$Q_4 = Q_2 \left( 1 - \frac{c_2 - c_4}{c_1 - c_4} \right). \quad (81)$$

Тогда величина потерь полезного компонента определяется по формуле

$$P = c_1 \left[ Q_1 - Q_2 \left( \frac{c_2 - c_4}{c_1 - c_4} \right) \right]; \quad (82)$$

или в процентах относительно запаса в блоке:

$$P = \left[ 1 - \frac{Q_2 (c_2 - c_4)}{Q_1 (c_1 - c_4)} \right] 100. \quad (83)$$

Степень разубоживания полезного ископаемого определяется из отношения

$$Y_p = \frac{c_1 - c_2}{c_1} 100. \quad (84)$$

Всегда следует помнить, что точность определения потерь и разубоживания зависит от сложности геологического строения месторо-

<sup>1</sup> При разработке рудных месторождений практикуется способ прямого определения потерь по отдельным технологическим звеньям — неполнота выемки, утечка в закладку, транспортные потери и т. д. Разубоживание также определяется непосредственно по относительному количеству вмещающих пород в добытой руде.

ждения, изменчивости форм тел и качества полезного ископаемого, системы разработки. На месторождениях простой формы с равномерным распределением полезного компонента величины потерь и разубоживания обычно определяются довольно точно. При неправильной форме тела с неравномерным распределением полезного компонента, когда количество запасов полезного ископаемого в блоке подсчитывается со значительной погрешностью, значения потерь могут быть весьма неточными. Если система разработки позволяет вести замеры выработанных пространств и замеры вырабатываемых тел полезных ископаемых при систематическом их опробовании в процессе отработки, то такие условия благоприятствуют определению потерь и разубоживания с высокой степенью точности. Напротив, когда опробование очистных выработок и необходимые замеры выработанных пространств невозможны, определение потерь и разубоживания выполняется с невысокой точностью.

Помощь в переработке минерального сырья со стороны геологической службы идет по двум главным направлениям: а) регулирование качества минерального сырья, поставляемого горным предприятием, и б) проведение специальных минералогических и других лабораторных исследований полезного ископаемого.

Регулирование качества минерального сырья, направляемого в переработку, имеет большое значение для планомерной и эффективной работы предприятия, потребляющего минеральное сырье. Если руда, поступающая на обогатительную фабрику, будет обладать резко различным содержанием металлов, то процесс обогащения придется часто менять: необходимо будет перестраивать режим работы некоторых машин, изменять дозировку реагентов, составлять другой график работы. Такие частые перемены технологического процесса создают лихорадочную и непроизводительную обстановку на фабрике. В результате снижается производительность, уменьшается извлечение полезных компонентов и возрастают потери. Изучая различные сорта полезного ископаемого и их пространственное распределение, геолог на горном предприятии имеет возможность так направлять добычу из различных эксплуатационных участков, чтобы в течение продолжительного срока (хотя бы месяца) смешанное минеральное сырье обладало бы однородным качеством. При этом особенно большое значение имеют правильная оценка разубоживания полезного ископаемого в процессе добычи и сокращение его до минимума. Сильно разубоженная руда вызывает не только непроизводительные расходы на обогатительной фабрике, но и влечет расстройство технологического процесса, а иногда приводит к невозможности обогащать низкокачественное вследствие разубоживания минеральное сырье.

Проведение специальных лабораторных исследований подчинено задаче наилучшей организации процесса переработки полезного ископаемого. Геолог на горнорудном предприятии должен изучать минеральный состав руды (или песков) с учетом требований технологии обогащения минерального сырья. Для обогащения важно знать ве-

личины, сочетания, взаимные прорастания отдельных минеральных агрегатов и частиц. При этом необходимо опытным путем выяснить способность рудных и нерудных минералов к механическому разделению, а также различия физических свойств отдельных минеральных фракций — их магнитные, электрические, радиоактивные свойства, удельные веса и др. Необходимо определить степень выветрелости или окисленности полезного ископаемого, влияющую на обогатимость и качество полезного ископаемого.

Сведения о полезном ископаемом, необходимые для успешной работы потребляющего или обрабатывающего минеральное сырье предприятия, накапливаются при обычных общих минералогических и петрографических исследованиях, выполняемых в процессе всего периода разведки месторождения. Но, кроме того, с целью повседневной помощи перерабатывающему предприятию геологу приходится проводить специальные исследования, уточняя те или иные характеристики полезного ископаемого. Для этого подвергаются минералогическим или другим исследованиям очередные партии минерального сырья, поступающие от рудника, а также изучаются продукты переработки минерального сырья.

### **1. РУДНИЧНАЯ, ШАХТНАЯ, ПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА**

С начала эксплуатации месторождения характер деятельности геолога-разведчика существенно изменяется: расширяется круг вопросов, решаемых геологом, по сравнению с предшествующими стадиями разведки, геологические исследования становятся более детальными на эксплуатационных участках, устанавливается тесная производственная взаимосвязь геологической службы с горно-эксплуатационными подразделениями и перерабатывающими предприятиями. Ввиду этого геологическая служба на действующих горных предприятиях приобрела специфические черты в зависимости от видов полезных ископаемых и даже от типов месторождений.

Различные проблемы и методы их решения при эксплуатации рудных, угольных и нефтяных месторождений определили существенные различия в организации и деятельности геологической службы в названных отраслях горной промышленности. Соответственно этому геологическая служба на действующих горных предприятиях получила отраслевые наименования: «Рудничная геология», «Шахтная геология», «Промысловая геология». Наиболее сложные вопросы связаны с рудничной геологией, охватывающей месторождения черных, цветных, редких и драгоценных металлов, а также многие месторождения неметаллических полезных ископаемых, на которых применяются разнообразные системы разработки, как открытые, так и подземные. Проблемы промысловой геологии здесь не рассматриваются ввиду того, что по этой отрасли имеется свой учебный курс и свои учебные пособия, отличающиеся исключительной спецификой,

свойственной разработке месторождений нефти и газа. Данный раздел настоящего учебника ограничен пределами геологической службы на горных предприятиях, эксплуатирующих месторождения твердых полезных ископаемых.

Для успешного решения задач геологическая служба на действующем горном предприятии проводит работу в следующих направлениях:

1) эксплуатационная разведка в пределах разрабатываемых и подготавливаемых к отработке участков (блоков);

2) доразведка эксплуатируемых месторождений на слабо изученных их участках с целью перевода в высшие категории и выявления новых запасов полезного ископаемого;

3) специальные структурно-геологические, минералогические, геофизические, геохимические, гидрогеологические, инженерно-геологические и другие исследования с целью активной производственной помощи в добыче и переработке полезного ископаемого;

4) тематические научно-теоретические исследования для решения вопросов поисков и разведок месторождений полезных ископаемых, рациональных методов их изучения и оценки.

Специальные и тематические исследования осуществляются рудничной геологической службой обычно с привлечением лиц из специализированных организаций — научных институтов, трестов, экспедиций соответствующего профиля. Эксплуатационная же разведка и доразведка возлагаются целиком на сотрудников геологической службы действующего горного предприятия.

Организационные формы геологической службы на горных предприятиях — рудниках, шахтах, карьерах, приисках, промыслах — выработаны многолетней практикой геологического обслуживания процесса добычи полезного ископаемого и регламентируются соответствующими ведомственными положениями и инструкциями. На предприятиях, разрабатывающих месторождения угля, горючих сланцев, строительных материалов и других, подобных по своей простоте месторождений полезных ископаемых, ввиду малочисленности геологического персонала обычно организуется объединенная геолого-маркшейдерская служба.

В обязанности геологической службы горного предприятия входят многие организационные и технические мероприятия, как то:

геологическое обоснование при составлении перспективных, квартальных, годовых и месячных планов добычи полезных ископаемых; планирование, проектирование и проведение геологоразведочных работ со всеми специальными гидрогеологическими, геофизическими и иными исследованиями;

контроль за направлением разведочных и эксплуатационных выработок от их заложения до окончания проходческих или очистных работ;

геологическая документация, опробование и другие исследования в очистных, подготовительных, разведочных горных выработках и буровых скважинах, сбор образцов горных пород и полезных ископаемых для эталонной коллекции;

осуществление совместно с маркшейдерской службой учета разведанных, вскрытых, подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого, отработанных пространств, потерь и разубоживания полезного ископаемого; определение в натуре мест заложения горных выработок и буровых скважин; составление актов на погашение отработанных блоков и списание неподтвердившихся или утративших промышленное значение запасов полезного ископаемого;

обобщение первичных геологических и других разведочных материалов, составление и представление в установленном порядке геологических отчетов с подсчетами запасов полезных ископаемых; составление и представление периодической оперативной и статистической отчетности;

разработка совместно с представителями горного надзора и маркшейдерской службой мероприятий по предупреждению внезапных прорывов вод, газов, плывунов, обрушений кровли в горных выработках.

Геологическая служба горного предприятия в лице ее руководителя — главного или старшего геолога — наделена правами, позволяющими принимать действенные меры для повышения качества и эффективности работы горного предприятия. Основные права представителей геологической службы сводятся к следующему:

контролировать полноту извлечения полезных ископаемых и их составляющих при добыче, обогащении и дальнейшей переработке;

изменять направление очистных, подготовительных и разведочных выработок в связи с изменившимися геологическими условиями;

останавливать производство работ в горных выработках ввиду вероятной опасности (обвала, катастрофического прорыва вод, газов) и вследствие грубых нарушений технологии проходки выработки или отработки участка;

контролировать работу химической и других лабораторий в части качества и своевременности выполнения испытаний проб, необходимых для разведки и отработки месторождения;

представлять к поощрениям или взысканиям сотрудников геологической службы и других лиц, связанных с проведением исследований, разведочных и других работ по изучению месторождения и его разработке.

Основные методы работы геологического персонала на действующем горном предприятии обусловлены процессом отработки месторождения, и, следовательно, порядок, очередность, приемы работы сотрудников геологической службы устанавливаются в зависимости от системы, календарного плана и графиков разработки. Вся работа сотрудников геологической службы делится на две части: 1) наблюдения и исследования в подземных горных выработках и 2) камеральные работы, включающие лабораторные исследования, чертежные работы, обобщение и анализ разведочных и эксплуатационных данных.

Современное горное предприятие обладает разнообразной техникой, в том числе многими техническими средствами, относящимися к ведению геологической службы. Наблюдения в очистных и подго-

товительных горных выработках и в буровых скважинах ведутся с применением различных методик, инструментов и аппаратуры. На некоторых предприятиях большое значение приобрели геофизические исследования, как, например, при разведках и разработках радиоактивных руд. В таких случаях в составе геологической службы создается соответствующая группа специалистов-геофизиков или даже автономная, но в общем подчиненная главному геологу геофизическая служба. В процессе камеральных работ используется также различное лабораторное оборудование, размещаемое в химических, минералогических, геофизических, гидрогеологических и других лабораториях. Все более внедряется фотография при документации в горных выработках и камеральной обработке материалов.

Сравнение данных разведки с результатами отработки месторождения является одним из важных моментов геологической службы на действующем горном предприятии.

Сравнения первоначальных представлений о различных месторождениях полезных ископаемых с фактическими данными о них по результатам отработки, вероятно, проводились с начала горного промысла. Такие сравнения способствовали расширению и уточнению знаний о структурах и вещественном составе месторождений. И ныне опытная проверка разведочных построений и подсчетов на практике осуществляется лишь тогда, когда тщательно проведена отработка объекта — месторождения или его части.

Все сопоставления разведочных и эксплуатационных данных можно разделить на две группы: прямые сравнения и сравнения путем разрежения разведочно-эксплуатационной сети.

Прямые сравнения представляют собой сопоставления величин подсчитанных запасов и добытого минерального сырья. При этом сравниваются запасы руд и металлов с их количествами, добытыми и потерянными в недрах, что не всегда возможно; также ранее подсчитанные запасы сравниваются с готовыми к отработке количествами полезного ископаемого, достаточно точно определяемыми на основании геолого-маркшейдерской документации очистных выработок и данных эксплуатационного опробования в очистных выработках. Из таких сопоставлений вычисляются расхождения величин запасов и готового к добыче полезного ископаемого:

$$\pm \Delta Z = Z_3 - Z_p, \quad (85)$$

где  $Z_3$  — эталонное количество запасов полезного ископаемого, представленное запасами, готовыми к добыче;

$Z_p$  — количество запасов, подсчитанных до начала эксплуатации месторождения в том же контуре, где подсчитаны запасы, готовые к добыче.

Относительные величины расхождений называются отклонениями или погрешностями разведки и выражаются в процентах:

$$P = \frac{\pm \Delta Z}{Z_3} 100. \quad (86)$$

Предполагается, что эталонные значения запасов полезного ископаемого весьма близки к действительным, поскольку они получаются путем замера объемов или отдельных элементов тел полезного ископаемого в выработанных пространствах или в готовых к выемке блоках с определением качества полезного ископаемого в очистных выработках и в добытом минеральном сырье.

Существует несколько модификаций метода прямых сравнений данных разведки с результатами эксплуатации и зависимости от характера сравниваемых величин. Когда невозможно сравнить подсчитанные запасы руд с добытым минеральным сырьем поблочно, прибегают к сравнениям больших сумм ранее подсчитанных запасов с суммами добычи за ряд лет по месторождению или даже по району в целом. В таких случаях выясняются лишь результирующие погрешности разведочных определений целого, но остаются неизвестными размахи колебаний погрешностей по малым участкам этого целого.

Сравнения путем разрежения эксплуатации и одно-разведочной сети представляют собой сопоставление величины запасов полезного ископаемого, подсчитанных по редкой сети предшествующей разведки, с запасами, подсчитанными по наиболее густой сети разведочно-эксплуатационных выработок на участках, подготовленных к отработке. Этот метод применяется в тех случаях, когда не удастся воспользоваться для сравнения прямыми результатами эксплуатации, например при смешивании добытого минерального сырья с разных объектов или при неудовлетворительном учете добытого минерального сырья, или по причине недоступности отработанных пространств.

При сравнении путем разрежения эксплуатационно-разведочной сети используются данные эксплуатационной разведки в подготовительных и очистных выработках. На подземных разработках в качестве эталона принимаются запасы, подсчитанные по измерениям и опробованию в выработках; при этом контуры тел полезных ископаемых остаются условными в границах прежних подсчетов, без маркшейдерских замеров в отработанных пространствах. На открытых разработках густая сеть опробования буровзрывных скважин служит основой для определения эталонных качественных показателей, а размеры сравниваемых частей месторождения определяются размерами и формами уступов эксплуатационного карьера. В итоге эталонные значения запасов полезного ископаемого исчисляются по данным эксплуатационной разведки, без учета фактической добычи и замеров отработанных пространств. Подсчитанные таким образом эталонные запасы полезного ископаемого сопоставляются с соответствующими величинами запасов из прежних подсчетов. Равным образом при этом могут сравниваться и содержания полезного компонента или средние значения мощностей тел полезных ископаемых.

Этот способ позволяет обойтись без определений потерь и разубоживания полезного ископаемого. Однако метод разрежения эксплуатационно-разведочной сети, как правило, менее точен, так как принимаемые условные контуры залежей и внутренние границы

сортов руд могут быть существенно отличны от действительных. Для малых участков, где имеется немного пересечений эксплуатационной разведки (небольшие камеры, части уступа), такой метод неприменим. Поэтому им пользуются при сравнениях по крупным объектам на основании большого числа измерений и наблюдений — по целому эксплуатационному участку или месторождению.

Основной причиной расхождений между разведочными и эксплуатационными данными является природная изменчивость свойств месторождений и прежде всего структурно-морфологических, химико-минералогических, инженерно-геологических и гидрогеологических. Из сравнений данных разведки с результатами эксплуатации, проведенных по многим горным предприятиям, выяснились довольно разнообразные соотношения между сопоставляемыми показателями. В одних случаях наблюдается завышение запасов при их подсчете по данным разведки, в других — занижение. Одни руды по данным разведки представляются более качественными, чем в действительности, другие, наоборот, оказались лучше при отработке. Как правило, до отработки формы тел полезных ископаемых и условия их

Таблица 26

**Погрешности подсчета запасов руд или металлов  
относительно добытого минерального сырья  
(из опубликованных материалов)**

Полезные ископаемые и объекты исследования	Относительные погрешности, %	
	запасов руд или металлов	средних содержаний полезных компонентов
Соли (Соликамский бассейн)	—	+2.7
Марганцевые руды (Никополь)	+2.1	-1.5
Медные руды (Джезказган)	+1.4	+2.5
Магнетитовые и маритовые железные руды (Урал, Кривой Рог)	От -5 до +35	От ±5 до ±14
Бурые железняки (Тула, Липецк)	От +27.8 до +28.6	От -0.2 до +4.7
Вольфрамковые, молибденовые штокверки (Казахстан)	От +11 до +16	От +18 до -80
Молибденовые, вольфрамковые, оловянные жилы (Восточное Забайкалье)	От 0 до ±20	От 0 до ±18
Медноколчеданные руды (Урал)	От +16 до -22	От -0.5 до +15
Меднопорфировые руды (США)	От +0.15 до -14	От -4.5 до +12
Свинцово-цинковые руды (Алтай)	От +1.1 до -33	От +2 до -10.2
Серные руды (Туркмения)	+30	-24
Свинцово-цинковые руды (Карамзар)	—	От -58 до +190
Золоторудные месторождения (Урал)	±60	—
Золотые россыпи (Восточная Сибирь)	От -7 до +326	—
Ртутные руды (Никитовка)	+136	От -16 до +240
Урановые руды (США)	От -15 до +27	От -30 до +450

залегания рисуются более простыми, чем в действительности. Гидрогеологические и инженерно-геологические свойства месторождения также оказываются иными при отработке по сравнению с теми, какими они представлялись до этого: притоки воды в горные выработки оказываются то большими, то меньшими по отношению к расчетным по данным разведки; вмещающие породы в одних случаях более устойчивы в очистных выработках, чем предполагалось, в других возникают непредвиденные обвалы, оползни и вспучивания.

В табл. 26 приведены величины погрешностей подсчетов запасов полезных ископаемых по данным детальных разведок различных месторождений, проведенных в последнюю четверть века. Как видно из таблицы, погрешности бывают весьма различными по своим величинам и имеют как отрицательные, так и положительные значения относительно добытого минерального сырья.

Аналогичные цифры погрешностей подсчета запасов относительно количеств фактически добываемого минерального сырья приведены С. Траскоттом (США) в виде значений так называемого корректирующего фактора, который представляет собой поправочный коэффициент к сумме подсчитанных запасов перед проектированием эксплуатационных работ (табл. 27).

Таблица 27

Величины корректирующего фактора и соответствующие им значения погрешностей подсчета запасов полезных ископаемых (по С. Траскотту)

Месторождения полезных ископаемых	Корректирующий фактор	Относительная погрешность определения запасов, %
Месторождения меднопорфировых руд (США)	0,925	7,5
Золотоносные конгломераты Трансвааля (Южно-Африканская Республика)	0,9—0,95	5—10
Свинцово-цинковые руды Брокен-Хилла (Австралия)	0,875	42,5
Медно-золотые скарновые месторождения Корейской Народно-Демократической Республики	0,85—0,9	10—15
Месторождения золота на Аляске	0,75	25

Погрешности разведочных построений и подсчетов на отдельных участках месторождений полезных ископаемых, по единичным рудным телам, эксплуатационным блокам и отдельным пунктам иногда намного отличаются от их усредненных значений по объектам в целом. Расхождения между данными разведки и эксплуатации на отдельных участках месторождений полезных ископаемых могут быть весьма значительными даже в тех случаях, когда по месторождению в целом они невелики. В то же время и на сложных сильно изменчивых месторождениях находятся такие участки, где разведочные построения и подсчеты оказываются весьма близкими к действительным количественным и пространственным характеристикам объекта.

При всем разнообразии погрешностей определения запасов полезных ископаемых общее правило состоит в том, что расхождения

разведочных и эксплуатационных данных по месторождению полезного ископаемого в целом всегда меньше, чем соответствующие расхождения, наблюдаемые в отдельных частях месторождения. Эта закономерность объясняется тем, что большая или меньшая часть погрешностей разведочных подсчетов на отдельных участках месторождения обладает противоположными знаками (+ и -), вследствие чего суммарная погрешность по объекту в целом может оказаться как угодно мала.

## 2. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА

Эксплуатационная разведка проводится с целью обеспечения эффективной отработки месторождения и направляется обычно исходя из того, что выяснено предшествующей разведкой о месторождении в целом и из данных, которые получают при отработке участков, прилегающих к тому, где ставится эксплуатационная разведка. В соответствии с этим целевым назначением эксплуатационной разведки возникают две главные ее задачи специфического характера: 1) уточнение данных предшествующей разведки и 2) контроль процесса добычи полезного ископаемого.

В результате уточнения данных предшествующей разведки могут оказаться иными контуры тела полезного ископаемого, возрасти или уменьшиться значения среднего содержания полезного компонента, дифференцироваться по отдельным небольшим участкам качественные показатели полезного ископаемого, а также физико-механические свойства полезного ископаемого и вмещающих горных пород, притоки воды и другие данные месторождения. На основании таких изменений уточняется количество балансовых запасов полезного ископаемого по сортам и может подвергнуться корректировке проект разработки месторождения.

Контроль процесса добычи полезного ископаемого заключается в наблюдении за выемкой его без значительных потерь и извлечением всего ценного, что в нем заключено, при последующей переработке минерального сырья. В связи с этим ведется работа по определению потерь и разубоживания полезного ископаемого в процессе его добычи и транспортировки, возможная лишь на основании достаточно достоверных разведочных данных и строгого учета при отработке. Кроме того, должны вестись непрерывные минералогические и другие исследования полезного ископаемого, позволяющие правильно решать вопросы комплексного использования минерального сырья. Только при тщательном контроле добычи минерального сырья возможна эффективная помощь предпрятию со стороны геолога.

Эксплуатационная разведка отличается от предшествующих стадий разведки наибольшей детальностью и должна давать наиболее достоверные результаты. На этой стадии достигают максимального значения густота разведочной сети, частота отбора проб и число других различных наблюдений и исследований.

Технические средства эксплуатационной разведки во многом зависят от системы разработки ме-

сторождения. Общей особенностью эксплуатационной разведки в отношении ее технических средств является возможность и целесообразность использования одних и тех же горных выработок как для целей эксплуатации месторождения, так и для целей его разведки. Поэтому основным средством эксплуатационной разведки твердых полезных ископаемых служат горные выработки. При подземных разработках это почти все без исключения подготовительные и очистные выработки, а на открытых работах — уступы карьера, обнажающие тела полезного ископаемого. Кроме того, специально для целей разведки проходятся некоторые выработки, к ним относятся различного рода расчески, восстающие, гезенки и другие подземные горные выработки, необходимые для завершения или уточнения разведки на эксплуатационном участке. Последние должны проводиться на эксплуатационных участках в минимальных количествах, так как они чаще всего не увеличивают запасов полезного ископаемого в эксплуатационном блоке и лишь уточняют его контуры и геологические соотношения разведываемого участка со смежными.

В настоящее время при эксплуатационной разведке все больше применяются буровые скважины, особенно на открытых разработках. В карьерах, когда производится сплошное опробование буровзрывных скважин, последние приобретают решающее значение в определении качества руд в различных частях уступа и для соответствующей раздельной отбойки разных сортов руды или сортировки отбитой массы минерального сырья.

Геофизические средства в стадии эксплуатационной разведки твердых полезных ископаемых применяются редко и главным образом для приближенного оконтуривания залежи между двумя разведочными выработками при помощи магнитометрии или электрометрии. Радиометрия широко используется для документации и определения качества радиоактивных руд в пределах эксплуатационных блоков и их частей. Буровые скважины эксплуатационной разведки подвергаются необходимым каротажным измерениям.

При подземной отработке месторождения для эксплуатационной разведки используются все подготовительные выработки, как горизонтальные, так и вертикальные. Обязательными становятся выработки, связывающие между собой соседние разведочные сечения (горизонты) и необходимые для подсчетов запасов полезного ископаемого по категории А (или подготовленных запасов). Эти выработки, оконтуривающие со всех сторон эксплуатационный блок (рис. 147), начинают свое существование как разведочные: подвергаются соответствующей документации, опробованию и используются для необходимых гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений.

Очистные выработки, вскрывающие и обнажающие большие участки тел полезных ископаемых, особенно их контакты с вмещающими горными породами, дают наиболее достоверные сведения о месторождении. В связи с этим в очистных выработках ведутся геологические

наблюдения, осуществляется документация и опробование, если возможно проникнуть в отработанные пространства.

Буровые скважины в целях эксплуатационной разведки на подземных разработках твердых полезных ископаемых применяются не всегда и имеют обычно вспомогательное значение. Они проходятся иногда взамен расщелин. В случае потери смещенной части тела полезного ископаемого во избежание лишних затрат на горные выработки

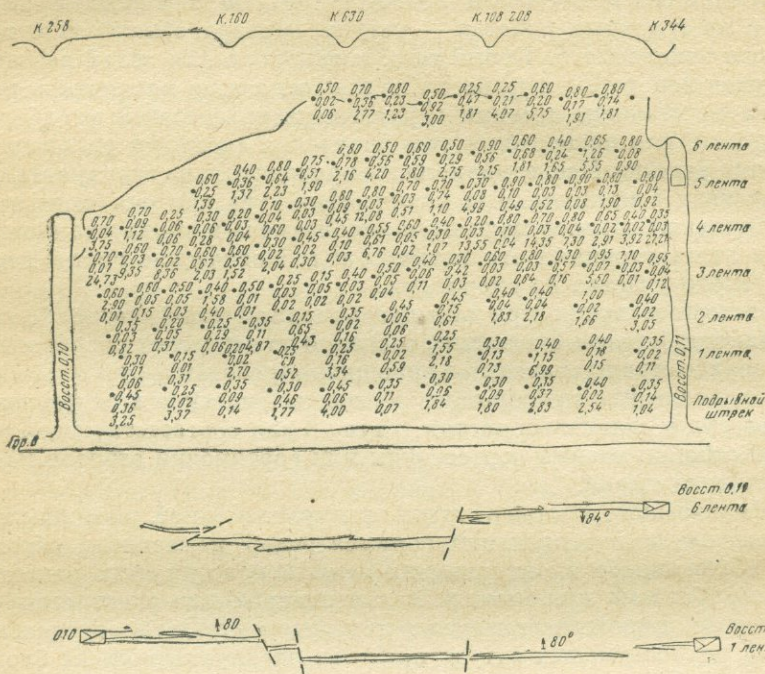


Рис. 147. Геолого-маршрудерский паспорт отработанного блока вольфрамово-оловянной жилы (продольная проекция и планы первой и шестой отбойных лент) Цифры в пунктах наблюдения: верхняя — мощность жилы, средняя — содержание вольфрама, нижняя — содержание олова

бывает целесообразно провести предварительно поиск при помощи бурения, а затем уже направить горную выработку.

Основными буровыми агрегатами для эксплуатационной разведки являются комплекты станков типа ГП-1, БСК-2В-100, служащие для бурения из подземных горных выработок. Нередко бывает удобно использовать для бурения разведочных или разведочно-эксплуатационных скважин перфораторные молотки тяжелого типа со специальным долотом или коронками. К ним относятся перфораторы КЦМ-4, КС-50, ПТ-70 и др.

При открытой отработке месторождения или его верхней части необходимы детальные исследования для уточнения качества руды, формы и размеров блоков пустых пород внутри за-

лежи, а также для проектирования нового уступа. Разведка на уступе проводится почти исключительно короткими буровыми скважинами, которые затем используются для отбойки горной массы как взрывные. Для этих целей применяются обычно ударные станки типа УА-75, но используются также и станки колонкового бурения.

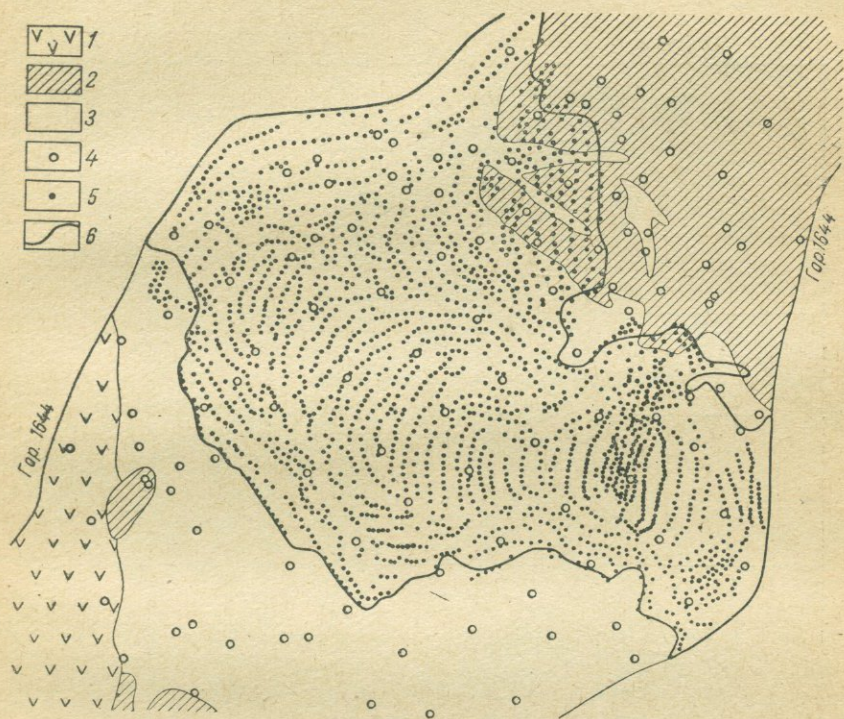


Рис. 148. Первомайское штокерное месторождение молибдена. План горизонта 1644 м в эксплуатационном карьере

1 — гранодиориты; 2 — ороговикованные сланцы; 3 — рудоносные гранит-порфиры; 4 — буровые скважины детальной разведки; 5 — буровзрывные скважины на уступах; 6 — контур отработки на горизонте 1644 м

Густота разведочной сети при этом достигает наибольших значений. Обычными являются сети  $25 \times 25$  и  $12 \times 12$  м, но иногда разведочно-эксплуатационные взрывные скважины бурятся через 5—6 м (рис. 148).

Особенности геологического изучения месторождения в стадию эксплуатационной разведки связаны с возможностями выяснения многих вопросов в горных выработках и ведением наблюдений в наиболее крупном масштабе. При документации в подготовительных и очистных выработках представляется возможным выявить важные детали строения и состава тел полезных

ископаемых, которые не могли быть замечены в предшествующие стадии разведки, как, например, ориентировка и пересечения структурных элементов, состав тектонических глинок, строение зон брекчий.

Изучение обогащенных частей тел — «рудных столбов» (рис. 149), «струй», «гнезд» и других малых, но весьма ценных образований —

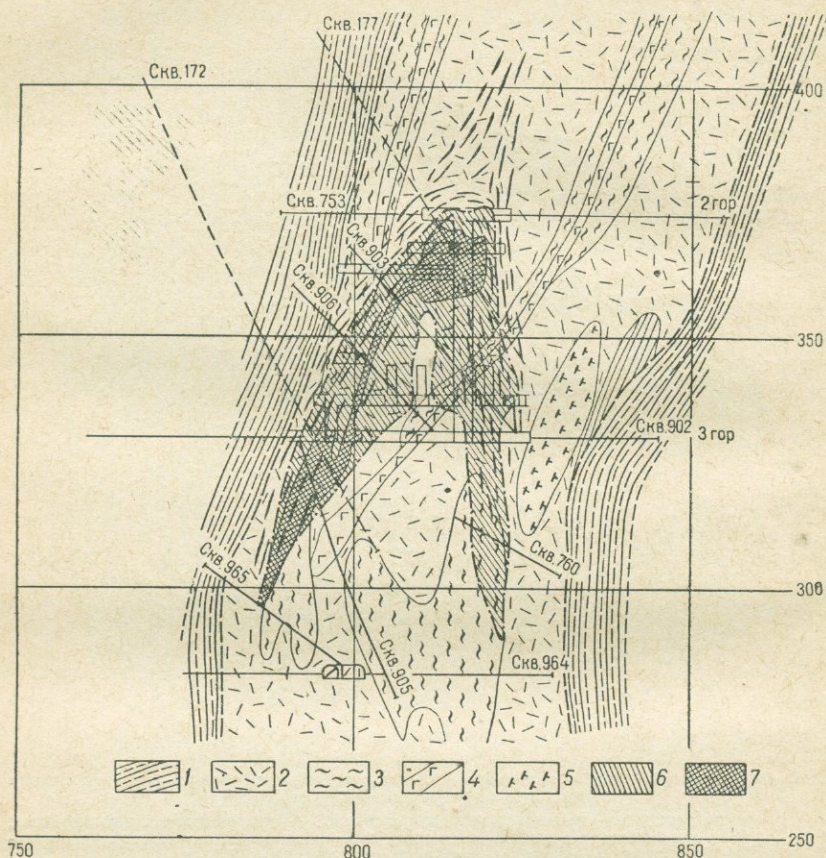


Рис. 149. Заводская линза Зыряновского полиметаллического месторождения (разрез № 6 эксплуатационной разведки)

1 — алевролиты; 2 — микрокварциты; 3 — кварц-серпичит-хлоритовые сланцы; 4 — порфириды; 5 — порфиroidы; 6 — вкрапленные свинцово-цинковые руды; 7 — богатые свинцово-цинковые руды

становится возможным в полной мере лишь при эксплуатационной разведке. Такое изучение в свою очередь позволяет предсказывать появление новых подобных богатых скоплений полезного ископаемого и повышать эффективность разведки и отработки месторождения.

При изучении деталей форм и условий залегания рудных месторождений большое значение имеет установление тектонических нарушений, предопределивших или изменивших формы залежей. Важно

различать нарушения дорудные (рис. 150), внутрирудные и послерудные (рис. 151). Признаками послерудных движений, нарушающих сплошность рудного тела, являются рудная брекчия или обломки рудных минеральных агрегатов, перемещенные вдоль сброса, следы истирания рудного материала в составе тектонической глинки; иногда по изгибу рудного тела в сторону движения вдоль нарушения хорошо видно, что оно разорвано последующими тектоническими нарушениями.

Доказательствами дорудного характера нарушений служат:

заметные различия состава и формы жилы по разным сторонам от нарушения без следов послерудных движений по нему;

рудные прожилки, прорезающие глинку трения;



Рис. 150. Характер жилы у дорудной трещины (по Т. М. Кайковой). В полости трещины вставные прожилки кварца и кальцита

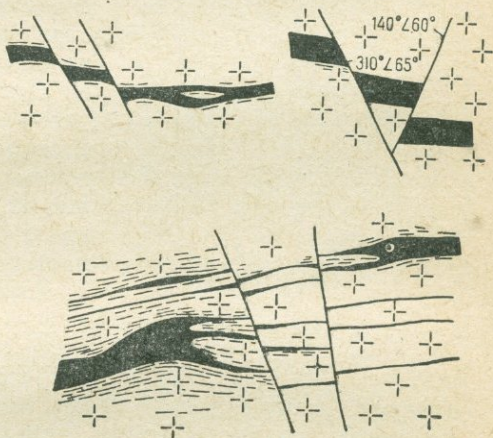
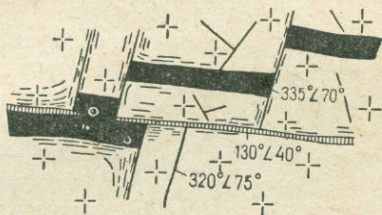


Рис. 151. Послерудные нарушения жил (по Т. М. Кайковой)

заполнение зоны нарушения (трещины) ненарушенным рудным материалом.

При изучении послерудных нарушений всегда следует, если это возможно, определить направление и величину относительного смещения по ним. Самым достоверным способом определения смещения по трещине является замер расстояний и направлений между смещенными слоями нарушенных слоистых горных пород или дайками изверженных пород. Трещины, оперяющие крупное нарушение, иногда помогают установить направление перемещения по нему. Ориентировка борозд скольжения служит указателем направления перемещения — движение блока пород происходило в сторону выклинивания борозд, запечатленных на нем (рис. 152).

Существенной деталью в анализе тектоники является глинка трения. В трещинах от долей миллиметра до метров накапливается эта глинка, часто в смеси с грубыми обломками пород. По ориентировке глинистых полос, загнутых в сторону движения прилежащего блока пород, можно определить направление перемещения. Признаки движений по глинке трения особенно ценны при наблюдении рудных тел, залегающих в изверженных массивах, где нет других признаков перемещения боков.

Соотношения рудных жил и даек могут быть вполне выяснены при эксплуатационной разведке в очистных выработках, где они обнажаются в различных плоскостях. Пересечения рудных жил дайками и, наоборот, — даек жилами позволяет разобраться в последовательности геологических образований и тектонических нарушений, что в свою очередь дает возможность прогнозировать распространение оруденения в пределах эксплуатационного участка.

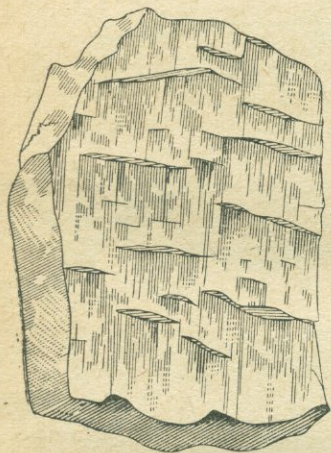


Рис. 152. Зеркало скольжения в кварце

При эксплуатационной разведке угольных и им подобных пластовых месторождений большое значение придается изучению тектонических нарушений, влияющих на элементы залегания и формы пластов. В процессе складчатости угольное вещество, способное к пластическим деформациям, легко перераспределяется с образованием раздувов и пережимов. Первые обычно встречаются в шарнирных перегибах

складок, вторые часто имеют место на крыльях. Изменчивость мощности угольного пласта нередко определяется размывом его в прошлые геологические периоды и поэтому необходимы систематические наблюдения за кровлей пласта. Выяснение характера выклинивания угольного пласта существенно для оценки промышленных перспектив прилегающего к эксплуатационному соседнего участка месторождения.

Весьма большое значение имеет исследование характера и вида контактов залежи любого полезного ископаемого с вмещающими породами, а также между различными типами и сортами полезного ископаемого внутри залежи. Для эффективной эксплуатации месторождения необходимы сведения об интерполированных и экстраполированных на большие расстояния границах тел полезных ископаемых, а об их контурах, близких к фактическим, которые почти всегда существенно отличаются от прямолинейных границ, проводимых при геометризации тел полезных ископаемых к подсчету запасов.

Полнота оконтуривания тела полезного ископаемого при эксплуатационной разведке является неперенным условием и полноты отработки этого тела. Неправильное изображение контуров залежи ведет к оставлению в недрах и безвозвратной потере части полезного ископаемого, если размеры залежи преуменьшены, и вызывает излишние затраты средств на добычу и переработку пустой породы, когда размеры залежи преувеличены против действительных. Поэтому геолог на эксплуатационном участке должен стремиться проследить контакты каждого тела полезного ископаемого с предельной точностью наблюдений. В случаях четких контактов их прослеживание удается легче, чем при расплывчатых.

В первом случае контакты устанавливаются при документации обнажений в выработках и буровых скважинах. Когда же контакты залежи или границы между различными сортами полезного ископаемого нечеткие, не могут быть различимы на глаз, выяснение границ между полезным ископаемым и пустыми породами, необходимое для производства выемки полезного ископаемого, достигается главным образом путем своевременного опробования подготовительных и очистных выработок. При этом для ускорения

процесса опробования целесообразно применять геофизические методы определения качества полезного ископаемого (радиометрию, магнитометрию, электрометрию, люминесценцию) и полуколичественные химические или спектрографические экспресс-анализы. Контакты рудных жил достаточно четкие, но крайне сложные могут также вызвать необходимость их уточнения путем опробования; такие причудливые формы контактов изображены на рис. 153.

Наблюдения за качеством полезного ископаемого и внутренним строением залежи на действующем горном предприятии ведутся систематически и тщательно по каждому эксплуатационному участку и в каждом эксплуатационном блоке. Оценка качества производится прежде всего по минеральному составу полезного ископаемого. Минералогическое изучение начинается уже в забое горной выработки. Минеральные скопления в виде различных агрегатов, прожилков, вкраплений ценных минералов невольно привлекают внимание всякого, тем более разведчика, который весь свой труд отдает ради выявления этих ценных минералов. При взгляде на обнажение неизбежно запечатлеваются расположение, сочетание, степень концентрации полезных и сопутствующих им минералов. Все эти наблюдения в виде геологической документации закрепляются на бумаге и служат

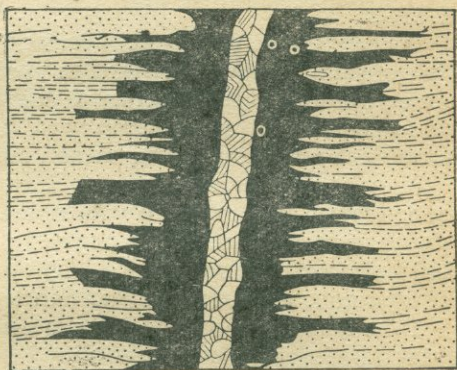


Рис. 153. Сложный контакт кварц-касситеритовой жилы Корнуэлла

важнейшим основанием для оценки качества полезного ископаемого в той или иной части эксплуатационного участка.

Однако полностью и с достаточной достоверностью установить минеральный состав полезного ископаемого в обнажении не удастся прежде всего из-за недостаточной освещенности в подземных горных выработках, а также вследствие трудности определения многих минералов на глаз в их мелких выделениях даже при дневном свете в карьере открытых работ. Поэтому обязательной операцией при минералогических исследованиях является отбор образцов в подготовительных и очистных выработках, которые затем изучаются при помощи микроскопа и ряда качественных химических реакций в лаборатории.

В результате макроскопических наблюдений в обнажениях и лабораторных минералогических исследований удастся достаточно точно установить минеральный состав полезного ископаемого и выделить ассоциации минералов или иные качественные признаки, характерные для различных частей эксплуатационного участка.

Если тело полезного ископаемого или группа тел отличается неоднородностью качества, то уже при минералогических исследованиях бывает возможно наметить сорта руд на основании природных различий полезного ископаемого. Обычно выделение сортов руд производится по следующим показателям или по одному из них:

1) по концентрации полезного компонента, позволяющей разделять руды на «богатые» и «бедные»;

2) по соотношению нескольких полезных компонентов и соответственно по различному минеральному составу, как, например, подразделение полиметаллических руд на свинцовые, цинковые, свинцово-цинковые, медно-цинковые;

3) по различным минеральным формам одного и того же полезного компонента, что имеет место при развитой зоне окисления ряда месторождений (галенитовые и церусситовые руды) или при существенно различной крупности минеральных выделений (слюды крупнокристаллические и мелкокристаллические).

Для углей критериями выделения сортов служат другие качественные показатели, для строительных материалов — свои. Но, тем не менее минералогические признаки, выявляемые углететрографическими или другими методами минералогического анализа, всегда служат важным показателем для отнесения полезного ископаемого к тому или иному сорту. Разумеется, окончательное выделение сорта полезного ископаемого, кроме минералогических исследований, в большинстве случаев подтверждается химическими анализами и соответствующими технологическими испытаниями проб.

По итогам изучения вещественного состава, текстур и структур руд и наблюдений над тектоническими элементами как в натуре по обнажениям, так и по косвенным признакам под микроскопом устанавливаются некоторые закономерные связи различных минеральных ассоциаций со структурой месторождения или его части и, в частности, тектоническими нарушениями. Так возникает в учении

о рудных месторождениях понятие стадий минерализации и соответствующих минеральных ассоциаций, разделенных во времени и часто в пространстве этапами тектонической деятельности. Такое выяснение стадий минерализации и характера внутриминерализационных нарушений приводит к углубленному пониманию генезиса месторождений и позволяет выяснить практически важный вопрос о закономерности распределения полезных компонентов в разных частях месторождения или в разных частях залежи.

Когда месторождение сложено разнообразными перемежающимися с полезным ископаемым горными породами (слоями, дайками изверженных пород и т. п.) и контакты залежей весьма извилисты, приходится более внимательно изучать вмещающие породы и те, которые заключены внутри залежей. Это необходимо делать прежде всего ввиду неизбежного разубоживания добытого минерального сырья, в котором будут присутствовать вмещающие горные породы, так или иначе влияющие на технологию его переработки и качество. Если возможна сортировка добытого минерального сырья с целью отделения основной массы пустых пород (подземная или на поверхности), необходимо установить для этого надежные отличительные признаки с тем, чтобы каждый занятый на сортировке рабочий мог различать полезное ископаемое и пустую породу. На многих месторождениях характер вмещающих горных пород служит направляющим признаком при проведении и оценке данных разведочных и подготовительных выработок. Породы, подстилающие или перекрывающие продуктивный пласт или слагающие висячий и лежащий бока жилы, обладая заметными различиями, позволяют правильно вести соответствующие разведочные, подготовительные и очистные выработки. Поэтому при изучении и характеристике вмещающих горных пород необходимо их достаточно выразительное макроскопическое описание с подбором типичных образцов в эталонную коллекцию геологической службы предприятия. Такие признаки, как цвет, текстура, крепость, объемный вес, характерные минеральные выделения и другие показатели, должны быть тщательно описаны и отражены в наглядных пособиях.

Приуроченность тел полезных ископаемых к определенным горным породам позволяет прослеживать эти тела в процессе эксплуатационной разведки и находить смещенные их части. Изменения вмещающих пород, сопутствующие залежам полезных ископаемых, нередко оказываются надежным признаком близости промышленной залежи. Так, для большинства сульфидных месторождений редкая вкрапленность сульфидов может указывать на приближение к рудному телу; вкрапленность пирита во вмещающих осадочно-метаморфических или изверженных породах часто указывает на присутствие вблизи золоторудных кварцевых жил; грейзенизация гранитоидов приводит к обнаружению оловорудных или вольфрамитовых жил; скарнирование карбонатных горных пород сопутствует шеелитовым, полиметаллическим, медным и некоторым редкометальным рудным телам. Ввиду этого большое значение приобретают минералогические

и петрографические исследования вмещающих горных пород при помощи микроскопа и химических анализов.

Различия в гранулометрической характеристике россыпей или различных частей одной россыпи весьма важно для выявления обогащенных участков («струй») и установления надлежащей схемы промывки песков. В россыпях с хорошо рассортированным материалом наибольшие концентрации полезных минералов обычно отмечаются в участках или прослойках песков с определенной крупностью зерен. Следовательно, для успешного направления разведочно-эксплуатационных выработок и установления рациональных пределов на каждом участке отработки необходимо выяснение закономерностей распределения полезных компонентов россыпи в связи с ее гранулометрическим составом в различных частях. Знание гранулометрических особенностей фракции песков, с которыми связаны промышленные содержания ценных минералов, необходимо и для правильной организации промывки этих песков.

Особенности геологической документации, опробования и других исследований в стадии эксплуатационной разведки определяются главным образом детальностью исследований по сравнению с предшествующими стадиями и специфическими задачами, связанными с добычей и первичной обработкой полезного ископаемого.

При эксплуатационной разведке требуется значительно больше всякого рода зарисовок и описаний по сравнению с таковыми до эксплуатации месторождения, так как число подземных горных выработок или обнажений на открытых разработках сильно возрастает и обнаруживаются многие детали строения месторождения, ранее скрытые от разведчика. Приемы и способы документирования подземных горных выработок и буровых скважин, проводимых на эксплуатационных участках с целью разведки и подготовки блоков для выемки полезного ископаемого, существенно не отличаются от тех, которые применялись на ранних стадиях разведки в подобных выработках. На металлических рудниках наибольшее внимание уделяется при документации структурным элементам — простиранию и падению пластов, жил, трещин, сбросов и надвигов; обломки рудных минералов в трещинах, брекчии, борозды и царапины, глина трения должны быть тщательно зафиксированы. Все контакты между различными горными породами и рудными телами наносятся с предельно доступной точностью, так как от этого зависит правильность или ошибочность представлений о формах рудных тел и их взаимоотношениях с вмещающими породами. Весьма важны наблюдения за изменением минерального состава рудных тел или вмещающих горных пород, отраженные в геологической документации. Геологическая документация в период эксплуатационной разведки вместе с увеличением ее объема может быть и несколько упрощена по сравнению с предшествующими периодами. Так, если наблюдаемая трещиноватость пород или какие-то минеральные выделения не имеют значения для решения задач эксплуатации месторождения, то они могут

и не фиксироваться. Сводная геологическая документация подземных разведочно-эксплуатационных выработок представлена обычно погоризонтными планами и разрезами, отстоящими друг от друга на небольших расстояниях. Такие горизонтальные и вертикальные сечения эксплуатационного участка составляют в масштабах от 1:500 до 1:100.

Главная особенность документации при эксплуатационной разведке заключается в необходимости проводить ее в очистных выработках. Это вызывается прежде всего задачей наиболее эффективного проведения самой очистной выработки. Кроме того, данные по выработанному пространству освещают перспективу в смежных частях эксплуатационного участка. Приемы документирования могут быть различны в зависимости от применяемых систем разработки месторождения. Непосредственные наблюдения и достаточно полная геологическая документация возможны при системах с мелкошпуровой отбойкой полезного ископаемого или при работе других машин там, где в очистном блоке или лаве выработанное пространство поддерживается временной крепью. Системы же подэтажных штреков, системы с отбойкой минными камерами и подэтажного обрушения и т. п. не позволяют проводить зарисовку и описание всего выработанного пространства. Поэтому в таких случаях приходится ограничиваться данными подготовительных выработок и некоторыми косвенными показателями, как, например, шлам из взрывных скважин. Документация открытых очистных выработок (карьеров) проводится по уступам и выполняется обычно в масштабе 1:500. Зарисовка делается в виде развертки стенки уступа на вертикальную плоскость. Последовательное документирование уступов позволяет в результате составить эксплуатационно-разведочный план карьера (рис. 154), который пополняется и соответственно претерпевает изменения по мере отработки месторождения. При документации выработанных пространств на россыпных месторождениях кроме бортов эксплуатационных разрезов большое внимание должно быть уделено плотнику россыпи, так как в нем могут оказаться «карманы» с богатыми скоплениями ценного минерала, а также ввиду возможности обнаружения под рыхлыми отложениями выходов коренных месторождений. Документацию плотника россыпи следует вести сразу же вслед за отработкой участка или его части как в очистных, так и в подготовительных выработках.

Опробование в процессе эксплуатационной разведки становится работой, значительно большей по своему объему по сравнению с предшествующим периодом разведки, так как приходится отбирать множество проб различного назначения. Взятие проб в горных выработках, буровых скважинах на эксплуатационных участках, их обработка и испытания принципиально не отличаются от аналогичных операций до эксплуатации месторождения. Основная специфика эксплуатационного опробования состоит в том, что в этот период опробуются очистные выработки и массы добытого минерального сырья на пути от места его добычи до потребителя или до перерабатывающего предприятия.

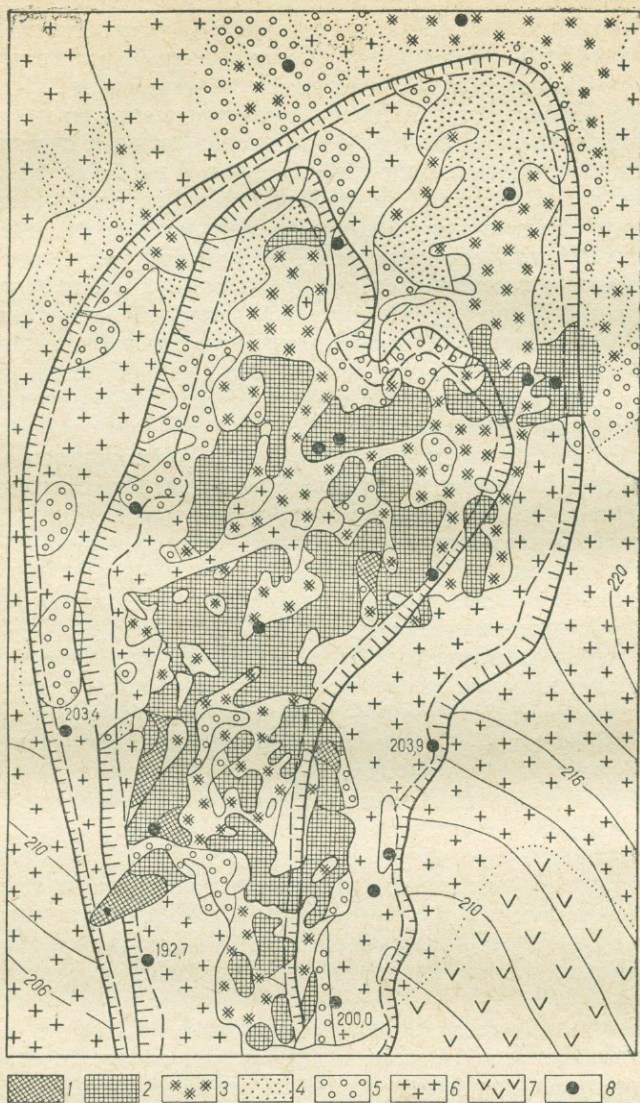


Рис. 154. План карьера на железорудном месторождении (по М. Н. Альбову)

1 — магнетитовые руды с содержанием железа более 45%; 2 — магнетитовые скарны с содержанием железа 30—40%; 3 — магнетитовые скарны с содержанием железа 20—30%; 4 — магнетитовые скарны с содержанием железа 15—20%; 5 — безрудные скарны; 6 — сиениты рудовмещающие; 7 — сиениты зернистые; 8 — устья разведочных скважин колонкового бурения

Опробование в очистных выработках преследует три цели: 1) подсчет запасов, остающихся в обрабатываемых блоках или на уступах карьера, по некоторым периодам выемки полезного ископаемого; 2) определение потерь и степени разубоживания полезного ископаемого при добыче; 3) текущий контроль качества добываемого полезного ископаемого.

Опробование для подсчета запасов полезного ископаемого вызывается необходимостью периодического составления баланса запасов и добычи к началу каждого эксплуатационного периода — квартала, полугодия, года. При этом должны опробоваться очистные забои по всей площади их обнажения. Данные опробования забоя очистной выработки вместе с данными опробования в обрамляющих подготовительных выработках позволяют довольно точно подсчитать оставшиеся в блоке запасы. Расстояния между пробами и число проб определяются по общим правилам методики разведки в зависимости от изменчивости свойства тела полезного ископаемого в пределах эксплуатационного блока.

Опробование для определения потерь и разубоживания полезного ископаемого включает в себя все те операции, которые производятся при изучении качества полезного ископаемого для подсчета его запасов в эксплуатационном блоке (на уступе), и, кроме того, обычно требует еще некоторых дополнительных проб для оценки природных и технических факторов, вызывающих потери и разубоживание полезного ископаемого. К первым относятся части тела полезного ископаемого, остающиеся в стенках выемочных камер вследствие неровностей висячего и лежащего боков и криволинейности контуров в плоскости самой залежи. Но с другой стороны, из-за тех же неровностей в отбитую рудную массу попадают безрудные вмещающие породы. Тектонические зоны препятствуют полной выемке полезного ископаемого или разубоживают добытую массу минерального сырья вывалами пустых пород; отслаивание пород висячего бока и иные свойства залежи и вмещающих ее пород требуют оставления целиков в пределах эксплуатационных участков. Другие факторы потерь и разубоживания связаны в основном с применяемыми системами разработки, транспортными устройствами, способами складирования и перегрузками добытого минерального сырья. Поэтому для выяснения размеров потерь и разубоживания производится дополнительное взятие проб в очистных выработках, в местах образования потерь — стенках камер, целиках — и проводится систематическое опробование руды на пути ее следования от очистной выработки до поверхности (в навале отбитой руды, вагонетках, бункерах на поверхности). Общее количество проб с эксплуатационного участка зависит от степени равномерности качества полезного ископаемого, ожидаемого в пределах эксплуатационного блока (уступа). Примерное число проб для определения среднего содержания металла в блоке за отчетный период приведено в табл. 28. Число индивидуальных проб в ней установлено из опыта для рудных тел малой и средней мощности, по которым каждая бороздовая проба полностью пересекает тело.

## Количество проб на блок размером 40 × 60 м (по Н. В. Барышеву)

Равномерность распределения металла по коэффициенту вариации ( $v_c$ )	Группы месторождений	Общее количество индивидуальных проб в очистном пространстве	Количество объединенных проб
1	2	3	4
Равномерное, $v_c$ до 40%	Многие месторождения осадочного происхождения: угля, строительных материалов, фосфоритов, солей, серы, глины, каолинов, железных и марганцевых руд, бокситов и пр.	20—100	10—25
Неравномерное, $v_c$ от 40 до 100%	Месторождения главным образом магматического цикла — гидротермальные, контактовые и замещения: большинство медных и полиметаллических, некоторые месторождения никеля, вольфрама, молибдена, золоторудные	100—320	25—30
Весьма неравномерные, $v_c$ от 100 до 150%	Месторождения того же цикла, что и предыдущие: некоторые полиметаллические, многие месторождения олова, вольфрама, молибдена и других редких металлов, а также золоторудные	320—450	30—40
Крайне неравномерные, $v_c$ более 150%	Месторождения того же цикла, что и предыдущие, — небольшие месторождения редких металлов и золота	450—600	40—50

Для тел большой мощности (более 10 м) число индивидуальных проб возрастает ввиду разделения каждого разведочного пересечения на секции. Тогда необходимое количество индивидуальных проб ( $n'$ ) определяется по формуле

$$n' = \frac{n\gamma}{\delta^2}, \quad (87)$$

где  $n$  — число проб (по табл. 28);

$\gamma$  — отношение средней мощности опробуемого тела к средней длине секции пробы;

$\delta$  — отношение коэффициентов вариации аналогичного месторождения малой мощности к коэффициенту вариации опробуемого месторождения большой мощности.

Вмещающие породы должны опробоваться с учетом относительных размеров тела и околорудной зоны пород, попадающих в отбитую массу минерального сырья, с учетом их крепости и устойчивости, а также извилистости контактов. При небольших колебаниях содержания полезного компонента во вмещающих породах достаточно

в каждом эксплуатационном блоке взять 15—20 равномерно расположенных проб из боковых пород. При значительных колебаниях содержаний и при нечетких контактах число их должно определяться в каждом случае в индивидуальном порядке.

Вторым этапом опробования для определения потерь и разубоживания является опробование добытой массы минерального сырья. В зависимости от системы разработки пробы могут отбираться или непосредственно в очистных выработках — в камерах, магазинах — или из вагонеток при перевозках. Из навала отбитого минерального сырья пробы целесообразно отбирать способом вычерпывания. В вагонетках пробы можно брать из нагруженной массы в трех-пяти местах по 0,5—1 кг в каждом. Обычно пробы руд с равномерным содержанием берутся с каждой десятой вагонетки, с неравномерным — с каждой пятой или третьей. Все единичные пробы объединяются в суточные и недельные, которые и анализируются отдельно по каждому эксплуатационному блоку.

Сопоставление результатов опробования в очистных и подготовительных выработках с результатами опробования добытого минерального сырья и вычисления по уравнению баланса запасов и добычи, как было указано выше, может дать достаточно правильное представление о фактических потерях и разубоживании полезного ископаемого, если все измерения и анализы выполнялись тщательно.

Текущий контроль качества добываемого полезного ископаемого, необходимый для обеспечения устойчивой работы перерабатывающего предприятия (обогащительной фабрики, завода) или непосредственного потребителя минерального сырья (тепловой электростанции, цементного завода), обычно может основываться на тех же пробах, которые берутся для определения потерь и разубоживания. В таких случаях из суточных проб составляются недельные, месячные, квартальные объединенные пробы, характеризующие среднее качество добываемого минерального сырья по всему горному предприятию. В зависимости от величины колебаний качества сырья принимаются меры по его поддержанию на требуемом уровне путем соответствующего смещения руд из разных эксплуатационных блоков, например более богатых и менее богатых. В некоторых случаях для контроля текущей добычи приходится прибегать к отбору специальных проб. В участках, где предшествующее опробование не дало надежных результатов, возможно повторное опробование или применение более точного способа — взятия валовых проб. В случаях селективной выемки полезного ископаемого бывают целесообразны специальные контрольные пробы из добытой массы полезного ископаемого и различных его сортов еще на руднике, до приемного пункта продукции горнодобывающего предприятия.

Различные виды полезных ископаемых вызывают и различия в эксплуатационном опробовании. Например, при разработке россыпей опробованию подвергаются не только пески, но и торфа в процессе вскрышных работ, а также плотик после выемки песков. В зависимости от целевого назначения опробование россыпей подразделяется на

оперативное, систематическое и специальное. Задачей первого является ориентировочное определение содержания полезных компонентов по разрезу россыпи на том или другом эксплуатационном участке — в литологически различных отложениях, в плотике, бортах. На основании этого опробования направляются подготовительные и очистные выработки и ориентируются дражные ходы. Систематическое опробование уточняет эксплуатационные контуры и является основанием для наиболее точного учета запасов песков, подлежащих выемке; оно дает возможность контролировать качество работы промывочных или обогатительных агрегатов и определять потери и разубоживание добываемого минерального сырья. Специальное опробование проводится с целью изучения некоторых важных свойств россыпи — гранулометрического состава песков, коэффициента разрыхления, льдистости и т. п., а также для контроля предшествующего опробования, что особенно важно при весьма неравномерном распределении полезных минералов в песках. Для россыпей с очень малыми концентрациями полезных минералов предпочтительными являются пробы возможно большего веса. Так, при разработке алмазонских россыпей рекомендовано определять объем пробы в зависимости от среднего веса кристаллов алмаза ( $d$ ), выявленного по данным предшествовавших разведок, и среднего содержания алмазов в кубическом метре песков ( $c$ ). Необходимый объем пробы вычисляется по формуле

$$P = K \frac{d}{c}, \text{ м}^3. \quad (88)$$

Для богатых россыпей  $K$  принимается равным примерно 5, а для средних концентраций — 3.

Эксплуатационное опробование дражного полигона производится автоматически, в частности пневматическим пробоотборником, отсекающим необходимое количество материала, поступающего из завалочного люка в промывочное устройство.

На горном предприятии накапливаются различного рода отвалы, в том числе и содержащие значительные количества полезных компонентов в составе минеральных масс, которые оказались излишне обогащенными этими полезными компонентами при добыче и транспортировке минерального сырья или представляющими собой руду, считавшуюся в прежнее время забалансовой. Эти отвалы время от времени подвергаются опробованию. Некоторые заведомо рудные отвалы опробуются в процессе их накопления способом вычерпывания, аналогично тому, как это было указано при применении способа вычерпывания по вагонеткам. Отвалы, не имеющие качественной характеристики, опробуются как массы добытого минерального сырья по той или другой сетке в зависимости от степени однородности материала. Иногда для оценки старых сильно слежавшихся отвалов на них производится бурение скважин по редкой сети или проведение канав и шурфов для взятия проб.

Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования в период эксплуатации месторождения подчинены идее наиболее де-

тального выяснения обводненности на разных участках объекта, а также физико-механических свойств полезного ископаемого и вмещающих горных пород, которые имеют большое значение для решения задач эффективной отработки месторождения. В то же время на эксплуатируемом месторождении в большинстве случаев нет специализированных гидрогеологической и инженерно-геологической служб, и повседневное решение частных гидрогеологических и инженерно-геологических вопросов лежит на рудничных, шахтных, промысловых геологах.

Главной задачей гидрогеологических исследований на действующем горном предприятии является выяснение и прогнозирование обводненности как всего объекта эксплуатации в целом, так и отдельных его участков. Она

определяется количествами воды, поступающими или могущими поступать в горные выработки. Обводненность зависит от многих причин: климата, рельефа поверхности, степени проницаемости окружающих горных пород, тектонических нарушений. Все эти факторы должны учитываться при проходке подготовительных и очист-

ных выработок как на подземных, так и на открытых работах. Один из эффективных приемов предупреждения прорыва в горную выработку больших количеств подземных вод или песков-плывунов состоит в бурении опережающих скважин (рис. 155), которые исключают катастрофические притоки вод или плывунов.

Инженерно-геологические исследования на эксплуатационных участках сводятся к определению ряда физических свойств горных пород и полезного ископаемого. Определение крепости пород является повседневной обязанностью геологической службы. Крепость выражается через те или иные показатели податливости горной породы при проведении выработки или при бурении скважины; она зависит от твердости, вязкости, пористости, трещиноватости и других свойств породы, но не тождественна ни одному из них. Выяснение крепости весьма важно, так как производительность труда на бурении и проходке горных выработок непосредственно зависит от нее. Наиболее достоверным способом определения крепости является опыт бурения или проходки выработок с хронометражем этих процессов. Для ориентировочных расчетов применяется метод аналогии на основании соответствующих шкал крепости (табл. 29).

Коэффициент разрыхления ( $K_p$ ) представляет собой отношение объема отбитого полезного ископаемого или горной

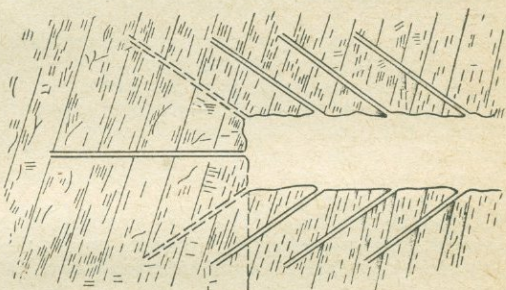


Рис. 155. Передовые гидрогеологические скважины (по Д. И. Щеголеву)

Сравнительная таблица крепости горных пород по их категориям  
(по нормативам Министерства геологии СССР)

Характеристика горных пород	Категории крепости	
	шкала для вращательного бурения	шкала для горнопроходческих работ
Рыхлые и слабо связанные горные породы: пески, гравий, лёсс, суглинки, галечники, соли, торф	От I до IV	От I до IV
Мягкие горные породы: алевролиты, мел, доломиты и известняки, гипс, угли	V—VI	V—VII
Плотные известняки, доломиты, мергели, лимониты, туфы и др.	VII	VIII—IX
Выветрелые граниты, глинистые, серицитовые сланцы, апатиты, сульфидные руды	VIII	X—XI
Интрузивные горные породы крупнозернистые, затронутые выветриванием: граниты, диориты, дуниты, липариты, базальты; бокситы	IX	XII—XIII
Плотные изверженные горные породы: гранодиориты, амфиболиты, габбро-андезиты, кварциты, роговики, скарны	X	XIV—XVI
Мелкозернистые очень плотные породы: порфиры, порфириты, грейзены, роговики, кварц жильный	XI	XVII—XVIII
Сливные кварциты, стекловидные лавы, гнейсы, яшмы	XII	XIX—XX

породы ( $V_m$ ) к объему этого же количества полезного ископаемого или горной породы в целике ( $V_n$ ):

$$K_p = \frac{V_m}{V_n} \quad (89)$$

Гранулометрический состав рыхлых горных пород или кусковатость отбитой горной массы определяется соотношениями частиц и кусков по различным фракциям. Это соотношение важно для установления наиболее эффективного способа выемки полезного ископаемого и для технологии переработки минерального сырья. Кроме того, гранулометрический состав определяет ту или иную оценку гидрогеологических и инженерно-геологических условий отработки россыпных месторождений. Наиболее распространенным способом выяснения гранулометрического состава природной рыхлой или отбитой массы полезного ископаемого и горных пород служит ситовый анализ.

Устойчивость горных пород и полезного ископаемого при отработке имеет большое значение для темпов проведения и качества подготовительных и очистных выработок на эксплуатационных участках. Как в подземных выработках, так и в карьерах имеют место различного рода нарушения установившегося равновесия в пределах участка земной коры, вскрываемого горными выработками: оползни, обвалы, пучение, которые затрудняют добычу полезного ископаемого.

Для определения условий безопасного ведения горных работ в карьерах применяются расчетные методы, учитывающие зависимость высоты откоса (уступа, борта разреза и т. п.) от сцепления частиц породы, выражаемого через угол внутреннего трения при различных углах откоса. Расчетные методы всегда должны быть подтверждены опытом, и на основании этого возможны рекомендации предельных значений высоты откоса и его угла, как, например, рекомендации об откосах рабочих уступов карьеров (табл. 30).

Таблица 30

**Предельная высота уступа и угол устойчивого его откоса**  
(по Е. Ф. Шишко)

Характер горных пород	Предельная высота уступа, м	Угол устойчивого откоса, градусы
Скальные слабо трещиноватые:	Не ограничена	70—80
изверженные		50—60
осадочные	25—30	40—50
Полускальные и сухие песчаники	25—30	30—40
Песчано-глинистые и глинистые		

Допустимые размеры обнаженных поверхностей в подземных горных выработках зависят от свойств и элементов залегания горных пород и от величины горного давления в данном участке. Для расчета величины горного давления, степени устойчивости кровли выработки, ее стенок и почвы применяются эмпирические формулы, рассматриваемые в специальных курсах по горному делу. Сотрудники геологической службы горного предприятия должны быть достаточно хорошо знакомы с этими элементами горной науки, чтобы решить задачу по оценке устойчивости горных пород на участках, подготавливаемых к эксплуатации.

Таблица 31

**Оседание поверхности в зависимости от мощности пласта и глубины разработки**  
(по Д. А. Казаковскому)

Наибольшее оседание поверхности (в % от выемочной мощности пласта)	Глубина разработки, м
59	50—100
44	100—200
43	200—300
36	300—400

При этом важно предвидеть возможную деформацию поверхности над развитой системой подземных выработок, которая тем больше проявляется, чем ближе подземные выработки к дневной поверхности. Например, зависимость амплитуды оседания поверхности от глубины разработок угольных пластов в Донбассе и их мощности приведена в табл. 31.

**3. ДОРАЗВЕДКА ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Месторождения полезных ископаемых, особенно крупные и сложные, детально разведываются перед началом их эксплуатации лишь частично, обычно на тех участках, которые более доступны и выгодны

для отработки в первую очередь. Поэтому в большинстве случаев одновременно с эксплуатацией месторождения проводится его доразведка, которую выполняет или геологическая служба горного предприятия («промразведка») или специальная геологоразведочная партия по договору с эксплуатационным предприятием.

Целью доразведки месторождения является перевод запасов полезного ископаемого, выявленных в стадию предварительной разведки, в промышленные категории для выделения новых эксплуатационных участков. В то же время на ранних стадиях изучения месторождения часто остаются невыявленными промышленные тела полезного ископаемого на флангах и глубинах, за пределами достаточно хорошо изученной части месторождения. Поэтому в процессе доразведки возможен прирост запасов полезного ископаемого в неучтенных ранее залежах или их частях.

Таким образом, части месторождения, изученные недостаточно в период, предшествующий его эксплуатации, необходимо подвергаются дополнительному изучению, прежде чем они вступят в стадию эксплуатационной разведки. Чем крупнее месторождение и чем оно сложнее, тем больше слабо изученных его частей остается к началу эксплуатации. В общем случае эксплуатация месторождения начинается при степени его изученности, выражаемой суммой категорий запасов полезного ископаемого, подсчитанных на этом месторождении:  $A + B + C_1 + C_2$ , а на крупных месторождениях еще и суммой прогнозных запасов.

Участки месторождения, на которых в период, предшествующий отработке месторождения, подсчитывались запасы категории В, обычно включаются в эксплуатационный контур без дополнительных исследований и на них проводится эксплуатационная разведка в процессе подготовки эксплуатационных блоков к отработке.

Участки с запасами категории  $C_1$  требуют более или менее значительных дополнительных исследований, а участки с запасами категории  $C_2$  должны пройти весь процесс разведки, особенно те из них, которые представляют собой подсчетные блоки экстраполяции, без разведочных пересечений («подвешенные»). На участках с запасами категории  $C_1$  проводятся более интенсивные исследования при помощи некоторого сгущения разведочной сети, дополнительных технологических испытаний и горнотехнических изысканий. При этом возможны два варианта доразведки таких участков: первый выражается в нормальной последовательности ведения разведочных работ, когда на участке вначале сгущается сеть до степени, необходимой для подсчета запасов по категории В, а затем выделяются эксплуатационные блоки, в пределах которых осуществляется эксплуатационная разведка с переводом запасов в категорию А (последовательность  $C_1 \rightarrow B \rightarrow A$ ); второй вариант состоит в том, что участки, обладающие запасами категории  $C_1$ , сразу переводятся в категорию А, т. е. эксплуатационные блоки, выделяемые на запасах категории  $C_1$ , изучаются с детальностью, необходимой для их отработки (последовательность  $C_1 \rightarrow A$ ). Первый вариант целесообразен на крупных месторождениях,

разведка которых производится по частям, как, например, по этажам на глубину зоны или по отдельным шахтным полям единого угольного бассейна. Второй вариант характерен для небольших и сложных месторождений, разработка которых начинается при степени разведанности по сумме категорий  $C_1 + C_2$ . К их числу относятся жильные месторождения цветных и редких металлов.

Доразведка участков месторождений, обладающих запасами категории  $C_2$ , подобна разведке новых объектов. Поскольку такие участки очень слабо изучены и некоторые из них могут оказаться частично или полностью непромышленными, то прежде чем ставить на них детальные исследования, необходима предварительная их оценка. Это особенно необходимо тогда, когда участки с запасами категории  $C_2$  имеют крупные размеры и пространственно обособлены. Следовательно, весьма слабо изученные участки эксплуатируемого месторождения, обладающие запасами категории  $C_2$ , сначала должны быть разведаны с детальностью, позволяющей осуществить перевод возможных запасов в первую промышленную категорию  $C_1$ . Далее доразведка этих участков может происходить по одному из описанных выше вариантов.

Итак, доразведка месторождения заключается в постепенном, все более детальном, исследовании слабо изученных частей месторождения, на котором уже ведется отработка. Процесс доразведки участков и последующей эксплуатационной их разведки отражает реализацию принципов разведки месторождений полезных ископаемых. В итоге разведки месторождения, предшествующей эксплуатации, доразведки его в период отработки и последующей эксплуатационной разведки достигается предельно возможная полнота изучения месторождения. В период отработки залежей полезных ископаемых каждая из них исследуется исключительно равномерно и таким образом все месторождение оказывается в конце концов изученным весьма равномерно в соответствии с его природными особенностями. Принцип наименьших затрат ограничивает беспредельные возможности существования разведочной сети минимально необходимым числом разведочных пересечений (проб) при эксплуатационной разведке в каждом блоке.

Существенным отличием доразведки месторождения от его предварительной и детальной разведки (до начала отработки) является возможность определения оптимальных плотностей разведочных сеток по каждому участку доразведки на основании опыта предшествовавших разведочных и эксплуатационных работ. Во многих случаях при этом возможно разрежение ранее применявшихся разведочных сетей, что особенно важно при переходе к изучению глубинных частей месторождения, где затраты на проведение разведочных выработок заметно возрастают. Поскольку на верхних горизонтах месторождения, уходящего на большие глубины, в период детальной разведки и эксплуатации достаточно хорошо изучены геологические особенности месторождения — структура вмещающей толщи горных пород, вещественный состав и формы залежей полезного ископаемого и их изменчивость, то повторно изучать все эти свойства месторождения

на глубинах с той же детальностью нет необходимости. Следовательно, уже поэтому можно сократить до минимума число необходимых разведочных пересечений, проб и других исследований в глубинных частях месторождения, если там не имеет место резкое изменение вещественного состава или форм залежей полезного ископаемого. Такого же рода соображения справедливы и в отношении других неглубинных частей месторождения, которые были слабо изучены до начала отработки. Таким образом, порядок проведения работ в отношении последовательного сгущения сети наблюдений на участках доразведки остается примерно таким же, каким он предусматривался до начала отработки месторождения при его предварительной и детальной разведке, но плотности разведочных сеток на участках доразведки могут быть иными, в большинстве случаев целесообразны сети более редкие. Крупные железорудные месторождения, например криворожские, разведываются детально по частям — детальная разведка на верхних горизонтах служит основанием для проектирования и строительства предприятия, после ввода в эксплуатацию которого проводится детальная разведка для второй, третьей очереди и т. д. На эксплуатируемом месторождении расположение и густота сети разведочных выработок на новом более глубоком горизонте устанавливаются с учетом данных отработки верхней части залежи. Так, Научно-исследовательский горно-разведочный криворожский институт для разведки глубинных частей богатых залежей Кривого Рога рекомендовал применять разведочную сеть в 1,5—2,5 раза более редкую, чем указано в инструкциях ГКЗ для разведки новых подобных объектов.

Подобный анализ разведочных данных выполняется на многих других горных предприятиях, занятых отработкой месторождений цветных металлов, неметаллических полезных ископаемых, углей и пр. Он помогает выбрать наиболее подходящие разведочные сети для различных участков доразведки месторождения и избежать излишеств в разведочных работах.

#### 4. ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

При отработке месторождения, когда наиболее полно раскрываются структурно-морфологические особенности залежей и свойства полезного ископаемого, появляются новые данные для промышленной его оценки. Основными материалами, позволяющими выполнить оценку месторождения или его части на каждом этапе последовательной эксплуатации, служат данные оперативного учета запасов полезного ископаемого в недрах и периодически составляемый баланс добычи и прироста запасов минерального сырья.

О п е р а т и в н ы й у ч е т н е д р проводится на эксплуатационных участках с целью текущего планирования работы горного предприятия. В нем отражаются количества запасов полезного ископаемого, подготовленного к добыче на каждом участке, и фиксируется выемка минерального сырья за каждый производственный цикл. Длительность производственного цикла и его пространственные гра-

ницы зависят от системы разработки, применяемой в каждом конкретном случае. В одних случаях это небольшие ленты вдоль очистного забоя при системах с магазинированием, в лавах или при системах слоевого обрушения. В других случаях цикл охватывает эксплуатационный блок больших размеров при системе блокового обрушения или при отрыве целого уступа в открытом карьере. Следовательно, оперативный учет запасов полезного ископаемого касается только их части, находящейся в пределах эксплуатационных участков. Он обосновывается геологической документацией, опробованием и маркшейдерскими измерениями в подготовительных и очистных выработках. Все эти данные в совокупности дают геологу наиболее точные сведения о добытых количествах минерального сырья, степени его разубоживания и об остающихся еще не вынутыми запасах полезного ископаемого в каждый момент завершения очередного цикла добычи.

На каждом горном предприятии применяется своя система оперативного учета запасов и добычи полезного ископаемого. Единицей учета может быть отдельный добычной цикл или несколько циклов, охватывающих эксплуатационный блок или подэтаж, часть уступа или весь уступ в карьере. Период учета зависит от установленных на предприятии сроков оперативной отчетности. Чаще всего периодом оперативного учета является месяц.

Формой оперативного учета служит паспорт каждого очистного блока при подземных разработках или уступа при открытых работах. Паспорт представляет собой бланк, в который заносятся основные результаты измерений и анализов проб, вычисленных количеств запасов и добытого минерального сырья, и чертеж, на котором показаны результаты детальной документации подготовительных и очистных выработок и границы каждого цикла выемки полезного ископаемого. Пример паспорта на подземных разработках месторождений полезных ископаемых показан на рис. 147.

Паспорта очистных блоков (уступов) служат основанием для составления ежемесячных планов добычи полезного ископаемого, поскольку в них указаны запасы полезного ископаемого, остающегося невынутым, с весьма подробной их характеристикой по данным эксплуатационной разведки.

На разрабатываемом месторождении периодически производится пересчет общих запасов для составления баланса добычи и прироста запасов полезного ископаемого. Основанием для составления такого баланса в пределах эксплуатационных участков месторождения являются данные оперативного учета недр. Таким образом, оперативный учет недр является важнейшим элементом баланса добычи и прироста запасов полезного ископаемого на действующем горном предприятии.

Баланс добычи и прироста запасов полезного ископаемого на действующем горном предприятии составляется периодически, так как величина запасов изо дня в день меняется в результате отработки месторождения и его доразведки. На участках, которые подвергаются отработке, запасы уменьшаются. На других участках, где производится доразведка, происходит уточнение величины

запасов в связи с переводом их в высшие категории. При этом может также произойти уменьшение величины ранее подсчитанных запасов, но в большинстве случаев последние возрастают в связи с тем, что обнаруживаются новые, неучтенные прежде залежи полезного ископаемого, расширяются границы известных залежей или возрастают значения их средних параметров (мощностей, содержаний полезных компонентов). Обычно на месторождениях в начальный период их отработки сумма запасов полезного ископаемого не только не уменьшается, но значительно увеличивается ввиду их приращений на участках доразведки, в несколько раз больших, чем добывается полезного ископаемого в то же время. На любом действующем горном предприятии геологическая служба ведет постоянные наблюдения за многообразными изменениями запасов полезного ископаемого в недрах, отражая, как правило, ежегодно сложную картину убыли и прироста запасов в балансе добычи и прироста запасов.

Баланс добычи и прироста запасов полезного ископаемого, получаемый от каждого горного предприятия, составляет основу общегосударственного учета движения запасов на действующих горных предприятиях. Он составляется по единой форме Центрального статистического управления СССР. В этой форме показываются запасы полезного ископаемого на 1 января истекшего года, изменение запасов в результате годовой добычи, потери при добыче, изменение запасов за счет доразведки и уточнения их величины на эксплуатационных участках, в итоге указываются запасы на 1 января наступившего года.

Чтобы получить цифры, заносимые в форму баланса, приходится неоднократно проверять и анализировать исходные данные, определение которых связано с большими трудностями. Чтобы баланс был достаточно близким к действительному положению, необходимо иметь надежные сведения по каждому участку и сорту полезного ископаемого. Как уже было указано, определение потерь при отработке полезного ископаемого является задачей нелегкой. Следует иметь в виду, что к потерям относятся лишь те части запасов, которые остаются в недрах в пределах отработанных участков и не могут быть извлечены до конца отработки месторождения. Часть же остающихся в эксплуатационных блоках запасов не относится к потерям, так как должна быть извлечена после отработки всего месторождения. Поэтому потери, ежегодно показываемые в балансе, условны. Изменения в результате доразведки вызывают необходимость выполнения локальных подсчетов и пересчетов запасов. При этом к изменениям в результате пересчета относятся только запасы, уточненные дополнительными разведочными работами в пределах ранее околтуренных блоков. В процессе составления баланса выясняются и оформляются соответствующими актами количества добытого полезного ископаемого, эксплуатационные потери, зависящие от принятой системы разработки; некондиционные по качеству или по мощности массы полезного ископаемого, запасы, оставленные в охранных целиках по горнотехническим или гидрогеологическим соображениям.

С течением времени отвалы прежде некондиционного минерального сырья — бедных руд, высокозольных углей на некоторых горных предприятиях — могут оказаться пригодными для промышленности в связи с новыми потребностями или вследствие усовершенствования технологии переработки минерального сырья. Поэтому при составлении очередного баланса добычи и прироста запасов полезного ископаемого в него включаются запасы минерального сырья в отвалах, пригодные для промышленного использования.

Баланс добычи и прироста запасов полезного ископаемого на действующем горном предприятии является тем документом, который дает возможность оценивать перспективу отработки месторождения, планировать его деятельность на будущее и решать вопросы доразведки месторождения. Перспективу горного предприятия можно считать хорошей лишь тогда, когда оно обеспечено достаточным количеством разведанных и подготовленных к добыче запасов полезного ископаемого. В зависимости от характера месторождения и спроса на минеральное сырье минимальное количество запасов, подготовленных к отработке, должно соответствовать годовой или полугодовой производительности рудника (шахты, прииска). Разведанные же запасы должны гарантировать деятельность предприятия в течение нескольких лет.

Переоценка месторождения или его частей в процессе эксплуатации происходит вследствие того, что первоначальные представления о нем почти всегда уточняются и изменяются по мере более глубокого изучения и проведения более детальных разведочных работ. Так, на эксплуатационных участках, вскрываемых горными выработками, появляются новые данные о контурах залежей, расширяющие или сокращающие размеры эксплуатационных блоков по сравнению с теми, которые были намечены по предполагавшимся контурам залежи на основании интерполяции или экстраполяции данных редкой разведочной сети. Следовательно, количество полезного ископаемого в действительности окажется большим или меньшим по сравнению с подсчитанным по данным разведки, предшествующей эксплуатации. Качество полезного ископаемого на эксплуатационном участке может оказаться также отличным от прежних представлений о нем, вытекающих из материалов разведки до отработки месторождения. Особенно значительными могут быть отклонения качественных показателей от ранее установленных на месторождениях с высокой изменчивостью качества полезного ископаемого. Таким образом, с началом отработки месторождения при проведении подготовительных и очистных выработок повседневно производится текущая переоценка частей месторождения.

Когда в процессе доразведки эксплуатируемого месторождения находятся новые, ранее неучтенные тела полезного ископаемого в пределах пространства занимаемого месторождением, то возрастают общие запасы полезного ископаемого и могут появиться новые его качественные характеристики. Это приводит к переоценке месторождения в связи с обнаружением новых тел полезного ископаемого.

С изменениями в технологии переработки полезного ископаемого или с появлением потребности в новых видах или сортах минерального сырья становится возможным использовать некоторые новые компоненты добываемого полезного ископаемого или попутно извлекаемые минеральные массы, ранее не считавшихся полезным ископаемым. Например, присутствие в рудах прежде не извлекавшихся рассеянных элементов по мере усовершенствования металлургического процесса и возникновения потребности в этих элементах может значительно повысить ценность руды. Так, рассеянные в полиметаллических рудах кадмий, индий, германий и другие редкие элементы существенно повысили ценность тех же полиметаллических руд, когда началось промышленное извлечение рассеянных элементов. В других случаях промышленное значение месторождения может измениться благодаря попутной добыче второго полезного ископаемого, как, например, черепичной глины на разработках бокситов, строительного материала из надрудной толщи или воды при разработке рудного месторождения в засушливом районе, как это было в период освоения месторождения Миргалымсай в Казахстане. Таким образом, в результате использования нового полезного ископаемого в пределах комплексного месторождения или извлечения новых полезных компонентов из руды возникает переоценка месторождения в связи с более полным использованием комплексного минерального сырья.

По мере отработки наиболее богатых руд или высококачественных скоплений иного полезного ископаемого при длительном сроке существования горного предприятия совершается постепенный переход к добыче и переработке менее богатых руд или другого полезного ископаемого уже невысокого качества. В последние десятилетия сильно изменились промышленные условия (кондиции) на руды и нерудное минеральное сырье. Ныне вовлечены в эксплуатацию те части месторождений, которые прежде считались некондиционными и даже вовсе пустыми ввиду крайне малого содержания металла во вкрашенных рудах или малых размеров кристаллов слюды либо слишком короткого волокна асбеста. По мере снижения кондиций на минеральное сырье размеры промышленных частей месторождения становятся большими, и, следовательно, увеличиваются запасы полезного ископаемого, а качественная его характеристика претерпевает существенные изменения. Так происходит переоценка месторождения в связи с изменением кондиций.

В конечном итоге под влиянием тех или иных причин в период отработки месторождения возникает необходимость его периодической переоценки. Такая переоценка всегда основывается на двух главных показателях: изменении величины запасов полезного ископаемого ( $Z$ ) и изменении ценности полезного ископаемого ( $C$ ). В зависимости от увеличения или уменьшения этих величин и определяется промышленное значение частей месторождения на соответствующем этапе его отработки.

1. Альбов М. Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1965, 239 с. с ил.
2. Аристов В. В. и др. Комплексные геолого-геофизические исследования рудных районов. М., «Недра», 1969, 176 с. с ил.
3. Белевцев Я. Н. и др. Рудничная геология на железорудных месторождениях. М., Госгеолтехиздат, 1962, 236с. с ил.
4. Богацкий В. В. Математический анализ разведочной сети. М., Госгеолтехиздат, 1963, 212 с. с ил.
5. Буялов Н. И. и др. Практическое руководство по поискам и разведке нефтяных и газовых месторождений. М., «Высшая школа», 1967, 165 с. с ил.
6. Быховер Н. А. и др. Экономика минерального сырья и геолого-разведочных работ. М., «Недра», 1968, 374 с. с ил.
7. Гудков А. С. и др. Основы поисков и разведки месторождений шезооптических минералов. М., Госгеолтехиздат, 1963, 218 с. с ил.
8. Жданов М. А. и др. Основы промышленной геологии газа и нефти. М., «Недра», 1966, 279 с. с ил.
9. Каждан А. Б. Основы разведки месторождений редких и радиоактивных металлов. М., «Высшая школа», 1966, 279 с. с ил.
10. Косов Б. М. и Каганович С. Я. Экономическая эффективность затрат на геологоразведочные работы в СССР в 1959—1965 гг. М., ОНТИ ВИЭСМ, 1967, 11 с.
11. Красников В. И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. М., «Недра», 1965, 411 с. с ил.
12. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, ч. 1, 1960; ч. 2, 1961, 332 с. 390 с. с ил.
13. Мионов К. В. Поиски и разведка угольных месторождений. М., «Недра», 1966, 303 с. с ил.
14. Омелянович В. М. Шахтная геология угольных месторождений. М., «Недра», 1966, 219 с. с ил.
15. Плотников Н. И. Водоснабжение горнорудных предприятий. М., Госгортехиздат, 1959, 528 с. с ил.
16. Погребницкий Е. О. и др. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1968, 460 с. с ил.
17. Померанцев В. В. Оценка рудных месторождений цветных и черных металлов. М., Госгортехиздат, 1961, 200 с. с ил.
18. Прокофьев А. П. Практические методы подсчета запасов рудных месторождений. М., Госгеолиздат, 1953, 134 с. с ил.
19. Рыжев П. А. и Гудков В. М. Применение математической статистики при разведке недр. М., «Недра», 1966, 235 с. с ил.
20. Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведки рудных месторождений. Изд. МГУ, 1957, 546 с. с ил.
21. Смирнов В. И. и др. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1960. 672 с. с ил.
22. Соловьев В. Г. Методы вариационной статистики в применении к разведке и подсчету запасов месторождений полезных ископаемых. М., ГОНТИ, 1939, 55 с. с ил.
23. Суражский Д. Я. Методы поисков и разведки месторождений урана. М., Атомиздат, 1960, 240 с. с ил.
24. Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых. Под ред. В. М. Крейтера. М., «Недра», 1968, 431 с. с ил.
25. Хрущов Н. А. Основные показатели экономической эффективности затрат на геологоразведочные работы и подход к определению цены разведанных запасов в недрах. «Советская геология», 1967, № 8, с. 52—60.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
Краткие исторические сведения о поисках и разведках полезных ископаемых . . . . .	7
Понятие о промышленных типах месторождений полезных ископаемых . . . . .	14
<b>Глава I. Поиски месторождений полезных ископаемых . . . . .</b>	<b>25</b>
1. Поисковые критерии . . . . .	27
2. Поисковые признаки . . . . .	34
3. Методы поисков месторождений полезных ископаемых . . . . .	39
<b>Глава II. Поисково-разведочные работы . . . . .</b>	<b>58</b>
1. Крупномасштабные поисково-съёмочные работы . . . . .	58
2. Типы месторождений и геофизические методы, применяемые в процессе поисково-разведочных работ . . . . .	66
3. Основные требования к картографическим материалам . . . . .	70
4. Вскрытие и окомтуривание месторождений . . . . .	71
Некоторые морфологические особенности выходов полезных ископаемых . . . . .	74
Оценка месторождений по выходам полезного ископаемого . . . . .	76
Вскрытие выходов полезного ископаемого . . . . .	81
5. Геолого-экономическая оценка месторождений, выявленных в процессе поисково-разведочных работ . . . . .	87
<b>Глава III. Разведка месторождений полезных ископаемых . . . . .</b>	<b>93</b>
1. Задачи, принципы и основные методы разведки . . . . .	93
Понятие о принципах разведки . . . . .	94
Основные методы разведки . . . . .	96
2. Изменчивость свойств и разведочная группировка месторождений полезных ископаемых . . . . .	97
Коэффициент вариации . . . . .	100
Коэффициент корреляции . . . . .	104
Изменчивость формы . . . . .	106
Изменчивость качества . . . . .	106
Прерывистость тел полезных ископаемых . . . . .	109
Группировка месторождений полезных ископаемых для целей их разведки . . . . .	110
3. Технические средства разведки . . . . .	111
Горные разведочные выработки . . . . .	112
Буровые разведочные скважины . . . . .	117
Геофизические методы . . . . .	121
4. Прослеживание и окомтуривание . . . . .	122
5. Классификация запасов полезных ископаемых . . . . .	128
Классификация запасов твердых полезных ископаемых . . . . .	129

Классификация запасов жидких полезных ископаемых . . . . .	131
6. Стадии разведочного процесса . . . . .	133
Предварительная разведка . . . . .	133
Детальная разведка . . . . .	135
Эксплуатационная разведка . . . . .	136
7. Понятие о системах разведки . . . . .	138
Группа буровых систем . . . . .	140
Группа горных систем . . . . .	142
Группа горно-буровых систем . . . . .	144
8. Плотность разведочной сети и достоверность результатов разведки . . . . .	146
9. Камеральные работы при разведке . . . . .	151
<b>Глава IV. Геологическая документация при поисках и разведке . . . . .</b>	<b>155</b>
1. Содержание первичной геологической документации . . . . .	156
2. Документация горных выработок и естественных обнажений . . . . .	162
3. Документация буровых скважин . . . . .	175
4. Сводная геологическая документация . . . . .	187
<b>Глава V. Опробование месторождений полезных ископаемых . . . . .</b>	<b>195</b>
1. Отбор проб твердых полезных ископаемых . . . . .	197
2. Обработка проб для анализов и испытаний . . . . .	219
3. Испытания проб . . . . .	230
4. Методы определения качества полезных ископаемых без отбора проб . . . . .	236
5. Документация опробования . . . . .	243
6. Контроль процесса опробования . . . . .	249
7. Понятия об опробовании жидкостей и газов . . . . .	255
<b>Глава VI. Примеры поисков и разведок месторождений полезных ископаемых . . . . .</b>	<b>259</b>
1. Поиски в Итатском районе и разведка Барандатского месторождения бурого угля . . . . .	260
2. Поиски и разведка бокситовых месторождений на Северном Урале . . . . .	262
3. Поиски и разведка Джекказганского месторождения медистых песчаников . . . . .	264
4. Поиски и разведка месторождения цинково-свинцовых руд Миргалымсай . . . . .	266
5. Разведка Коунрадского штокверкового месторождения . . . . .	269
6. Разведка Первомайского штокверкового месторождения . . . . .	272
7. Разведка коренного алмазного месторождения — кимберлитовой трубки «Мир» . . . . .	274
8. Поиски и разведка Баженовского месторождения хризотил-асбеста . . . . .	276
9. Разведка Джидинского жильного месторождения вольфрама . . . . .	279
10. Разведка флюоритовых жил . . . . .	281
11. Разведочно-эксплуатационные работы на месторождении горного хрусталя . . . . .	282
12. Поиски и разведка нефтяных месторождений Апшеронского полуострова . . . . .	283
13. Разведка газового месторождения «Губкинское» . . . . .	287
14. Поиски и разведка грунтовых вод в долине р. Токрау . . . . .	289
15. Поиски и разведка трещинно-карстовых вод в Казахстане . . . . .	291
<b>Глава VII. Геолого-экономическая характеристика месторождений полезных ископаемых . . . . .</b>	<b>295</b>
1. Общие положения подсчета запасов полезных ископаемых . . . . .	295
2. Точность подсчета и достоверность величины запасов . . . . .	298
3. Определение параметров подсчета запасов полезных ископаемых . . . . .	302

4. Оконтуривание тел полезных ископаемых для подсчета запасов . . .	308
5. Основные способы подсчета запасов полезных ископаемых . . .	313
Способ среднего арифметического . . . . .	313
Способ геологических блоков . . . . .	316
Способ эксплуатационных блоков . . . . .	319
Способ разрезов . . . . .	320
6. Прочие способы подсчета запасов . . . . .	327
Статистический способ . . . . .	327
Способ ближайшего района . . . . .	328
Способ треугольников . . . . .	329
Способ изолиний . . . . .	329
7. О подсчете запасов жидких и газообразных полезных ископаемых . . . . .	330
8. Понятие о промышленной оценке месторождений полезных ископаемых . . . . .	331
Показатели ценности месторождения . . . . .	332
Методика промышленной оценки . . . . .	333
9. Понятие об экономической эффективности разведки . . . . .	337
<b>Глава VIII. Геологическая служба на горных предприятиях . . . . .</b>	<b>342</b>
1. Рудничная, шахтная, промысловая геологическая служба . . . . .	347
2. Эксплуатационная разведка . . . . .	354
3. Доразведка эксплуатируемого месторождения . . . . .	373
4. Оценка эксплуатируемого месторождения . . . . .	376
Рекомендуемая литература . . . . .	381

*Виктор Иванович Бирюков  
Сергей Николаевич Куличихин  
Николай Николаевич Трофимов*

### Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых

Редактор *А. А. Курдюков*  
Редактор издательства *А. И. Панова*  
Технический редактор *Л. Д. Агапюнова*  
Переплет художника *К. В. Голикова*  
Корректор *Л. В. Сметанина*

Сдано в набор 4/1 1973 г. Подписано в печать 13/VIII 1973 г. Т-13324. Формат 60 × 90<sup>1/16</sup>.  
Бумага № 2. Печ. л. 24. Уч.-изд. л. 27,55. Тираж 13 500 экз. Заказ № 57/3722-2.  
Цена 1 р. 14 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.  
Ленинградская типография № 6 «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете Совета  
Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 196006,  
г. Ленинград, Московский пр., 91.

907

МЕДРА-1973