

Министерство образования Российской Федерации

Сибирский государственный индустриальный университет

Е.Д. Шпайхер, В.А. Салихов

Геологоразведочные работы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Российской Федерации
по горному образованию в качестве учебного пособия
для студентов горных специальностей*

Новокузнецк

2002

УДК 550.8 (075) + 553.3/.9 (075)

Шпайхер Е.Д., Салихов В.А. Геологоразведочные работы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие / СибГИУ. – Новокузнецк, 2002. – 311 с.

Приведены сведения о развитии минерально-сырьевой базы в мире и в России, об основных промышленных типах месторождений полезных ископаемых. Подробно освещены: стадийность геологоразведочных работ, применяемые методы разведки полезных ископаемых, техника и технология геологоразведочных работ. Рассмотрены факторы, определяющие условия месторождений полезных ископаемых, методы подсчета запасов полезных ископаемых. Особое внимание уделено геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. Предназначено для студентов горных специальностей вузов.

Рецензенты: кафедра геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Томского политехнического университета (зав. кафедрой, д.г.м.н., проф. Коробейников А.Ф.); главный геолог АО УК "Кузнецк-уголь" Михайлов В.В.

Печатается по решению редакционно-издательского совета университета

© Сибирский государственный университет, 2002 г.

ISBN 5 – 7806 – 0090 – 2

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Промышленные типы месторождений полезных ископаемых	7
1.1. Основные направления развития минерально-сырьевой базы в мире и в России	7
1.2. Промышленная классификация	13
Глава 2. Разведка месторождений полезных ископаемых	46
2.1. Стадии геологоразведочных работ, разведка и эксплуатационная разведка полезных ископаемых	46
2.2. Цели и принципы геологоразведочных работ. Системы разведки ..	81
2.3. Технология и технические средства геологоразведочных работ ...	101
2.4. Геофизические исследования	112
2.5. Опробование полезных ископаемых	129
2.6. Геологическая документация при разведке и эксплуатации месторождений	151
2.7. Геологические работы на действующем горном предприятии	167
Глава 3. Планирование и финансирование геологоразведочных работ	183
3.1. Основные принципы, задачи и порядок планирования геологоразведочных работ	183
3.2. Понятие о перспективных и текущих планах	190
3.3. Финансирование геологоразведочных работ	193
Глава 4. Кондиции на минеральное сырье	200
4.1. Запасы минерального сырья и их концентрация	200
4.2. Качество минерального сырья	203
4.3. Продуктивность рудных залежей	208
4.4. Горно-технические условия эксплуатации	210
4.5. Географо-экономическое положение	210

Глава 5. Подсчет запасов	224
5.1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов	224
5.2. Группировка месторождений угля по сложности геологического строения	231
5.3. Группировка месторождений железных руд	233
5.4. Нормативные требования к запасам	234
5.5. Прогнозные ресурсы углей	240
5.6. Оконтуривание и блокировка запасов	242
5.7. Определение исходных данных к подсчету запасов	249
5.8. Основные параметры для подсчета запасов	252
5.9. Принципы выделения подсчетных блоков	253
5.10. Методы подсчета запасов	255
Глава 6. Геологическая служба на горнодобывающих предприятиях ..	258
6.1. Цели и задачи геологической службы	258
6.2. Рудничная, шахтная геологическая служба	266
Глава 7. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых	277
7.1. Задачи и принципы проведения геолого-экономической оценки ...	277
7.2. Геолого-экономические критерии оценки	279
7.3. Факторы и методы оценки	281
7.4. Геолого-экономическая оценка на отдельных стадиях геологоразведочных работ	283
7.5. Учет и движение запасов	291
7.6. Списание балансовых запасов	293
7.7. Потери полезных ископаемых при эксплуатации месторождения .	294
7.8. Комплексное изучение и использование минерального сырья	297
7.9. Экономическая оценка доходов от эксплуатации месторождений..	302
Список литературы	308

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина "Геологоразведочные работы" тесно связана с другими горно-геологическими дисциплинами, такими как: общая геология, горное дело, месторождения полезных ископаемых и т.д., изучение которых необходимо будущим горным инженерам–экономистам. Учебное пособие "Геологоразведочные работы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых" написана на основании типовых программ специальных дисциплин для студентов горных специальностей вузов, утвержденных УМО вузов Российской Федерации по горному делу. Пособие содержит необходимые для будущего горного инженера, горного экономиста-менеджера сведения о тенденциях использования минеральных ресурсов в мире и в России, об основных промышленных типах месторождений полезных ископаемых. Подробно освещены стадийность геологоразведочных работ, применяемые методики, техника и технология геологоразведочных работ. Рассмотрены факторы, определяющие кондиции месторождений полезных ископаемых, методы подсчета запасов полезных ископаемых. Особое внимание уделено геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых (так называемому базовому варианту), являющейся важнейшей частью геологоразведочных работ. Таким образом, данное пособие является базовым для последующего изучения курса "Экономика геологоразведочных работ" и подобных дисциплин.

Авторы искренне признательны за замечания и пожелания по ходу написания пособия зав. кафедрой экономики и управления горным производством СибГИУ проф. А.И. Нифонтову. Особая благодарность рецензентам: зав. кафедрой геологии и разведки месторождений полезных ископаемых ТПУ проф. А.Ф. Коробейникову и главному геологу АО УК "Кузнецкуголь" В.В. Михайлову.

ВВЕДЕНИЕ

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых является самостоятельной геологической наукой. Она (как и другие науки) имеет свой предмет (месторождения полезных ископаемых), цель (обеспечения народного хозяйства промышленными запасами минерального сырья) и методы исследований. Таким образом, ее главной целью является изучение условий нахождения и путей наиболее эффективного выявления промышленных месторождений полезных ископаемых. В соответствии с главной целью рассматриваемой науки ее основной задачей является геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых на всех стадиях геологического изучения и на всех этапах освоения недр.

Геологическое изучение недр проводится последовательно и планомерно. Геологоразведочные работы представляют собой совокупность геологических, химико-технологических, физико-технических, и экономических исследований, горных, буровых и геофизических работ, направленных на отыскание и изучение месторождений полезных ископаемых, служащих минерально-сырьевой базой промышленности и других видов народного хозяйства. Общий процесс геологоразведочных работ подразделяется на 3 этапа и 5 стадий:

Этап I. Работы общегеологического назначения

Стадия 1. Региональное изучение недр.

Этап II. Поиски и оценка месторождений

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3. Оценка месторождений.

Этап III. Разведка и освоение месторождения

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На этапе I осуществляется комплексное изучение геологического строения территории страны, закономерностей размещения всех видов минерально-сырьевых ресурсов и их прогнозная оценка. Геологические исследования этапов II и III направлены на воспроизводство минерально-сырьевой базы страны. Границы между стадиями условны и определяются масштабами ведущихся работ, рангами изучаемых площадей и требованиями к конечным результатам, завершающим работы каждой стадии. Виды, последовательность и комплексность проводимых на каждой стадии исследований определяются ее целями, природными условиями производства работ, степенью изученности объекта, видом полезного ископаемого и другими особенностями с учетом потребностей экономического и социального развития отдельных территорий и страны. Для удобства изложения материала в настоящем пособии приведена более подробная стадийность геологоразведочных работ (с выделением стадий предварительной, детальной разведки и т.д.), на основании которой производились геологоразведочные работы до 3.02.1998 г. При этом оговаривается порядок финансирования и проведения работ, связанных непосредственно с разведкой и эксплуатацией месторождений.

При поисково-оценочных работах, разведке и разработке месторождений производится их геолого-экономическая оценка, являющаяся важнейшей составной частью геологоразведочного процесса. Геолого-экономическая оценка промышленного значения месторождения осуществляется в соответствии с законом Российской Федерации “О недрах” и другими законодательными и правительственными актами. Она может осуществляться без учета налогов, отчислений и платежей (базовый вариант) и с их учетом на момент проведения оценки (коммерческий вариант). В настоящем пособии авторами рассматривается базовый вариант, непосредственно связанный с проведением геологоразведочных работ. Геолого-экономическая оценка месторождения включает, на основе тех-

нико-экономического обоснования (ТЭО), разработку и уточнение кондиций с учетом использования основных полезных ископаемых, а также попутных ценных компонентов. Кондиции в соответствии с этапами изучения и освоения месторождений разделяются на разведочные и эксплуатационные. Разведочные (временные и постоянные) разрабатываются по результатам различных стадий геологоразведочных работ для оконтуривания и подсчета запасов полезных ископаемых, а также для определения их промышленной ценности. Эксплуатационные кондиции разрабатываются в процессе отработки месторождения для уточнения его особенностей и для выбора рациональных схем разработки.

Разведка месторождений полезных ископаемых основывается на следующих принципах:

- принципе народнохозяйственной потребности;
- принципе полноты использования недр (комплексная разведка месторождений полезных ископаемых);
- принципе безубыточности (когда доход от продажи покрывает издержки производства);
- принципе рентабельности, то есть уровне эффективности использования капитала и запасов месторождения.

Геологоразведочные работы проводятся и на всем протяжении работы горнодобывающего предприятия (опережающая и сопровождающая эксплуатационная разведка) вплоть до его закрытия (ликвидации). Поэтому геолого-экономическая оценка позволяет поднять уровень конкурентоспособности предприятия, продлить срок эксплуатации месторождения и, следовательно, решать вопросы связанные с комплексной переработкой минерального сырья, выбором схем его рациональной отработки, наиболее экономически эффективного сбыта, а также решать экологические проблемы, неизбежно возникающие при разработке месторождений полезных ископаемых.

1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1.1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ В МИРЕ И В РОССИИ

Завершился XX век, век почти глобальной индустриализации, невиданного ранее объема потребления природных ресурсов, а вместе с тем и век удивительного расцвета геологии и горного дела. В XX веке из недр извлечено и использовано почти 100 % многих видов полезных ископаемых, добытых за всю историю человечества – нефти, газа, урана, редких металлов, минеральных удобрений; до 85 - 90 % - угля, черных и цветных металлов. В последние десятилетия установилась устойчивая зависимость увеличения потребления минерально-сырьевых ресурсов от роста населения в мире, ежегодно прирастающего на 1 – 1,5 %. При этом, во времени постоянно менялись – структура потребляемых ресурсов, география их массовой добычи и переработки. Это объясняется влиянием разных факторов – природно-климатических, транспортных, сырьевых, топливных, технологических и т.д.

Изменились структура и объем добываемого сырья, связанные не только с истощением запасов, но и с воздействием других факторов и, прежде всего, экономических, технологических и экологических. За последние 15 лет (1985 – 2000 гг.) мировые запасы и добыча увеличились практически по большинству видов полезных ископаемых, в том числе (в %): по нефти – на 30, по природному газу – на 35, по ископаемым углям – на 10, по железным рудам – на 14, по золоту – на 59, по меди – на 45, по алюминиевым рудам – на 40, по платине – на 40 и по алмазам на 74.

В последние десятилетия, особенно после энергетического кризиса 70-х годов, рост мировых разведанных запасов по всем полезным ископаемым опережал рост их добычи. Расширены перспективы многих горнорудных районов мира, выявлены новые, в том числе уникальные и крупные месторождения нефти, газа, урана, железных руд, редких металлов и

других полезных ископаемых. Значительно укреплена минерально-сырьевая база многих стран, что благотворно воздействовало на их устойчивое экономическое развитие.

Являясь базисом развития экономики, минеральные ресурсы во многом определяют экономический потенциал любой страны, размещение и развитие производительных сил. В развитых странах в горнопромышленном комплексе сосредоточено от 20 до 40 % капитальных вложений и занято до 20 % трудовых ресурсов. Общий ежегодный объем продукции мирового горнопромышленного производства по экспертным оценкам составляет 0,8 – 1,0 трлн. долл. США, из них на топливно-энергетическое сырье приходится свыше 70%. Доля России в общемировом горнопромышленном комплексе в 1994 году составила свыше 14 %.

Для мировой экономики характерна дифференциация добычи и потребления минерального сырья. Развитые страны рыночной ориентации, в которых проживает 16 % населения земного шара, добывают около 35 % от мирового объема, а потребляют более 50 % добытого сырья. В то же время в развивающихся странах добывается около 35 % объема сырья, а потребляется менее 21 % (при численности населения 52 % от общемировой). Во всех остальных странах (включая страны с бывшей плановой экономикой), при населении 32 % от мирового, добывается и потребляется около 30 % минерального сырья. Таким образом, на долю 1 % населения в развитых странах приходится 2,18 % мировой добычи и более 3 % мирового потребления минерального сырья, в развивающихся странах соответственно около 0,7 и 0,4 %, а для остальных стран – 0,9 % по добыче и 0,8 % по потреблению. Следовательно, в развитых странах удельное потребление минерального сырья (в расчете на 1 % населения Земли) почти в 8 раз превышает уровень потребления развивающихся стран и в 3,8 раза – других стран (табл. 1).

Таблица 1

Добыча и потребление минерального сырья в различных группах стран, % от мирового объема

Страны	Население, %	Добыча всего	Добыча на 1 % населения	Потребление всего	Потребление на 1 % населения
Развитые	16	35	2,18	52	3,24
Развивающиеся	52	35	0,68	21	0,40
Остальные (в том числе с бывшей плановой экономикой)	32	30	0,94	27	0,85
в том числе Россия	3	14	4,75	10	3,37

Объем добычи и потребления в России составляет соответственно 14 и 10 % от общемирового и в расчете на 1 % населения является наиболее высоким в мире. Это связано с тем, что в структуре добычи и потребления основная доля приходится на углеводородное сырье: газ – 48 %, нефть – 33% и лишь 19 % - на остальные полезные ископаемые. Высокий уровень потребления топливно-энергетических ресурсов в России обусловлен крупными теплоэнергетическими затратами, энергоемкостью производства, значительными потерями при переработке и транспортировке сырья.

Несмотря на продолжающееся во все больших количествах извлечение из недр полезных ископаемых, их разведанные запасы продолжают нарастать, благодаря опережающим геологоразведочным работам. Рекордно высокие темпы ежегодного прироста запасов в зарубежных странах за последние годы характерны для золота (6 – 7 %). По нефти, газу, каменному углю они составляют 1,5 – 2 %. Это связано с большой ролью топливно-энергетического комплекса (ТЭКа), определяющего в настоящее

время экономику большинства стран. Тенденции роста запасов сохранятся вплоть до 2010 г. (т.е. за весь период, доступный для прогноза), но с некоторым замедлением ежегодных темпов.

Замедление прироста запасов связано с истощением минеральных ресурсов, так как они относятся к невозобновляемым, а также с ухудшением горно-геологических условий их разработки. Особенно актуальна проблема истощения месторождений углеводородного сырья. По мнению многих специалистов запасы нефти и газа (при существующих масштабах их использования) могут быть использованы в ближайшие 50 – 100 лет. Использование атомной энергии имеет известные серьезные побочные эффекты и последствия. Открытие новых, более экономичных и безопасных видов энергии, их промышленное использование остается пока неразрешимой задачей. Поэтому важной задачей остается разведка месторождений ископаемых углей (доступные для освоения запасы угля могут использоваться мировым сообществом в течение 700 лет), увеличение их доли в ТЭКе, разработка рациональных схем разработки месторождений и комплексного использования углей и попутных компонентов. По другим видам минеральных ресурсов также актуальны задачи рациональной отработки и комплексного использования сырья, а в перспективе задачи замены традиционных источников сырья на нетрадиционные.

В экономике для характеристики состояния минеральных ресурсов используется понятие минерально-сырьевая база (МСБ) как геолого-экономическая категория, строго структурированная по видам сырья, отраслям промышленности, рентабельности разработки полезных ископаемых, уровням их потребления и по другим признакам. По мере развития экономики меняются содержания понятия промышленных типов руд и прочих составляющих геолого-экономической категории. Среди развитых стран наиболее богаты минеральными ресурсами – Австралия, ЮАР, Канада, США, причем все эти государства обладают резервными производст-

венными мощностями и при необходимости способны быстро нарастить объемы добычи. Из развивающихся стран, кроме государств Ближнего и Среднего Востока, имеющих огромные запасы нефти и газа, значительными минеральными ресурсами располагают – Бразилия, Мексика, Чили, Перу, Марокко, Гвинея, Заир. Громадным минерально-сырьевым потенциалом обладает Китай. Значительные запасы минеральных ресурсов имеются в Монголии, а также в ряде стран СНГ - Казахстане, Украине, Узбекистане.

Россия, исходя из природных особенностей территории суши и шельфа, является крупнейшей сырьевой державой, обладающей уникальными запасами целого ряда полезных ископаемых, пользующихся спросом на мировом рынке. Так продукция отраслей ТЭКа обеспечивает в настоящее время до 80 % валютной выручки государства. По количеству учтенных запасов и разнообразию полезных ископаемых Россия занимает ведущее положение в минерально-сырьевой базе мира, но уступает основным мировым производителям продукции минерального сырья по качеству и технико-экономическим показателям разработки разведанных месторождений руд некоторых черных и цветных металлов, отдельных видов неметаллического сырья. Особенно значима роль России в мировой минерально-сырьевой базе топливно-энергетических ресурсов, никеля, платины и некоторых других полезных ископаемых. Минерально-сырьевой потенциал является главным экономическим достоянием России. По объему разведанных запасов минерального сырья страна занимает ведущее положение в мире. В недрах России, территория которой составляет 10 % суши Земли, сосредоточено 13 % разведанных мировых запасов нефти, 35 % природного газа, 12 % угля, 27 % железных руд, значительная часть запасов золота, алмазов, цветных и редких металлов. Валовая потенциальная ценность выявленных и разведанных по состоянию на 01.01.95 г. запасов полезных ископаемых России многократно превышает суммарную цен-

ность всех остальных природных ресурсов и основных фондов страны и составляет 28,6 трлн. долл. (табл.2).

Таблица 2

Распределение валовой потенциальной ценности разведанных запасов (категории A + B + C₁) и предварительно оцененных (категория C₂) основных видов полезных ископаемых России

Основные виды и группы минерального сырья	Валовая потенциальная ценность, млрд. долл./%
Нефть и конденсат	4481/15,7
Газ	9300/32,2
Уголь и горючие сланцы	6651/23,3
Черные металлы	1962/6,8
Цветные и редкие металлы	1807/6,3
Драгоценные металлы и алмазы	272/1,0
Уран	4/0,01
Нерудное сырье	4193/14,7
Итого	28560/100

Доля России в мировой добыче минерального сырья остается высокой и составляет, (в %): по нефти – 11,6; газу – 28,1; углю 12 – 14; алмазам – 26,3; железным рудам - 10,2; никелю – 21,7; апатитам – 55; калийным солям –15,5. В значительных объемах добываются также другие виды минерального сырья.

Высокий удельный вес России в мировых запасах и добыче минерального сырья предопределяет долговременную минерально-сырьевую ориентацию экономики страны, а также необходимость развития отраслей, связанных с добычей и переработкой полезных ископаемых. Россия – крупнейшая составная часть мира и ее ресурсный потенциал по мере интеграции страны в глобальную экономику будет все более значительным.

Отработка традиционных видов минеральных ресурсов, их истощение и усложнение горно-геологических условий отработки ставят перед специалистами проблемы научно-технического переоснащения отраслей геологоразведки и горного дела, проблемы комплексного и рационального использования имеющихся источников минерального сырья, проблемы экологии и охраны окружающей среды, проблемы замены традиционных источников сырья и т.д. Будущее – за более высокопроизводительными, ресурсосберегающими, экологически чистыми, наукоемкими технологиями, без обладания которыми разработка даже уникальных по запасам месторождений, в отдельно взятых странах, не будет экономически эффективной и конкурентоспособной.

1.2. ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

В практических целях важна химико-технологическая промышленная классификация, в которой металлы разделяются на группы в зависимости от их свойств, используемых в промышленности, а неметаллы классифицируются по отраслям промышленности, в которых они играют ведущую роль, т.е. это классификация полезных ископаемых по направлениям их использования.

Выделяются три группы месторождений.

1) Металлические полезные ископаемые:

1. Черные металлы: железо, марганец, хром;
2. Легирующие металлы: титан, никель, кобальт, ванадий, вольфрам, молибден;
3. Цветные металлы: медь, свинец, цинк, алюминий, олово, ртуть, сурьма;
4. Благородные металлы: золото, серебро, платина, платиноиды;
5. Радиоактивные металлы: уран, радий, торий;
6. Редкие и рассеянные металлы: бериллий, литий, цезий, рубидий;

7. Редкоземельные элементы: группа цериевая и иттриевая.

2) Неметаллические полезные ископаемые:

1. Сырье для химической промышленности, сельского хозяйства;
2. Каменные строительные материалы и их сырье;
3. Абразивные материалы и их сырье;
4. Изоляционные материалы;
5. Керамические, огнеупорные, кислотоупорные материалы и их сырье;
6. Драгоценные и поделочные камни;
7. Природные краски, наполнители и адсорбенты.

3) Горючие полезные ископаемые:

1. Твердые горючие полезные ископаемые: горючие сланцы, торф, бурый уголь, каменный уголь;
2. Жидкие горючие полезные ископаемые: нефть, газовый конденсат;
3. Газообразные горючие полезные ископаемые: природные газы.

1.2.1. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

В настоящее время из руд месторождений извлекается и используется промышленностью более 70-ти металлов. Ниже охарактеризован ряд наиболее применяемых черных, цветных и благородные металлов.

а) Черные металлы

Черные металлы объединяют полезные ископаемые, из которых получают железо, марганец, хром. Переработка руд черных металлов производится на предприятиях черной металлургии. Основные виды продукции черной металлургии – руды, концентраты, окатыши, агломераты, чугун, сталь, прокат, стальные трубы, метизы и другие металлоизделия. Черная металлургия потребляет почти весь объем добываемых железных руд, 90-95 % марганцевых и большую часть хромовых руд.

Железо

Мировые ресурсы железных руд практически неограниченны. Разведанные запасы железных руд составляют 214 млрд. т. В СНГ сосредоточено около 1/3 общих и разведанных мировых запасов руд. За рубежом основные запасы железных руд приходятся на Канаду, Австралию, США и Индию. Россия занимает 1-е место по разведанным запасам, но доля богатых руд составляет всего 9 %. Запасы железных руд сосредоточены в Центральных районах, на Урале. Районы Сибири и Дальнего Востока обеспечены разведанными запасами недостаточно. Производство товарных железных руд в мире составило в 1996 г. 1029 млн. т, а в России 72,1 млн. т. Цена 1 т железной руды ($\text{Fe} \geq 65 \%$) составила в том же году 33 \$ / т.

Среднее содержание железа в земной коре 4,65 %. Известно более 300 минералов, содержащих железо. Промышленными минералами являются: магнетит Fe_3O_4 (72,4 % Fe), гематит Fe_2O_3 (70 %), ильменит FeTiO_3 (36,8 %), бурый железняк $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$ (48 – 62 %), сидерит FeCO_3 (48,3 %).

В зависимости от основного рудообразующего минерала, определяющего технологические свойства сырья, промышленные железные руды разделяются на следующие типы: магнетитовые, титаномagnetитовые, гематитовые, лимонитовые, сидеритовые.

Минимальное содержание железа в рудах, пригодных для непосредственной плавки в металлургическом агрегате должно быть: в магнетитовых, титаномagnetитовых и гематитовых рудах не ниже 46 – 50 %, в лимонитовых – 37 – 45 %, в легкоплавких сидеритовых – 30 – 36 %. Руды с более низким содержанием металла требуют обогащения. Вредными примесями в рудах являются сера, фосфор, мышьяк, олово, цинк, свинец, медь. В зависимости от технологии переработки руд допустимое максимальное содержание серы 0,15 – 0,25 %, фосфора 0,01 – 0,12 %, мышьяка 0,02 – 0,05 %, олова 0,08 %, цинка и свинца по 0,05 %, меди 0,2 %. Полезные примеси: марганец, хром, вольфрам, кобальт и др.

Железорудные месторождения встречаются во всех генетических группах. Ведущая роль по запасам и добыче руд в мире принадлежит осадочным и метаморфогенным месторождениям.

В России и странах СНГ к основным промышленным типам относятся также скарновые (более 20 % добычи) магнетитовые и магномагнетитовые месторождения, а в Уральском регионе также комплексные титаномагнетитовые месторождения магматического происхождения.

Осадочные месторождения железных руд имеют важное промышленное значение (30 % мировой добычи). Месторождения являются весьма крупными объектами. Руды оолитовые, по составу гематитовые, гидрогематитовые и сидеритовые образуют крупные пологопадающие пласты, линзы и залежи. Содержание железа 20-50 %; имеется постоянная примесь марганца и ванадия. Масштаб запасов сотни миллионов – миллиарды тонн. В России к этому типу принадлежит месторождение Нижне-Ангарское (Восточная Сибирь), а в СНГ – месторождения Керченское (Украина) и Аятское (Казахстан). Из зарубежных объектов необходимо назвать Лотарингский бассейн в Европе, месторождения Канады и Австралии.

Метаморфогенные месторождения, составляющие подавляющую массу мировых запасов и до 60 % мировой добычи, представлены железистыми кварцитами и связанными с ними телами богатых руд, слагающих древнюю кору выветривания кварцитов. Железистые кварциты разделяются по минеральному составу, степени метаморфизма и текстурным особенностям. Главными минералами являются кварц, магнетит, гематит. Содержание железа изменяется в пределах 20-45 %; характерны низкие содержания серы и фосфора, хорошая обогатимость руд. Запасы железистых кварцитов на месторождениях составляют единицы, первые десятки миллиардов тонн.

Метаморфогенные жезорудные месторождения в России находятся на Кольском полуострове (Оленегорское), в Карелии – Костамукшское, КМА, а за рубежом Криворожский бассейн (Украина), в Канаде, Индии и ЮАР.

Марганец

Разведанные мировые запасы марганцевых руд – 5,4 млрд. т, в том числе в СНГ 3,1 млрд. т, в ЮАР 1,06 млрд. т, в Габоне – 250 млн. т, Австралии – 188 млн. т, Бразилии 187 млн. т, Индии - 105 млн. т. Запасы железомарганцевых конкреций на дне океанов оцениваются в 1,7 млрд. т. Крупнейшие запасы марганцевых руд находятся на Украине (2284 млн. т), в Казахстане (405 млн. т), в Грузии (214 млн. т). В России разведанные запасы насчитывают 148 млн. т, относительно небольшие месторождения имеются на Урале, в Западной Сибири, на Дальнем Востоке. К весьма крупным относятся месторождения с запасами более 150 млн. т; к крупным 15-150 млн. т, средним 25-75 млн. т. Уникальные месторождения имеют запасы более 1 млрд. т. Добычу марганцевых руд ведут более 30 стран. Объем мировой добычи в последние годы значительно увеличился и достиг 22 млн. т, из которого около 50% приходится на СНГ. В значительных размерах (1,7-5,5 млн. т) ведут добычу марганцевых руд ЮАР, Бразилия, Австралия, Габон, Индия. Стоимость 1 т руды около 100 \$, ферромарганца – 400 \$.

Кларк марганца 0,1 %, он содержится в 150 минералах. Промышленными являются: пиролюзит (Mn 55-63 %), браунит Mn_2O_3 (60-69 %), гаусманит Mn_3O_4 (65-72 %), псиломелан $n.MnO.MO_2.nH_2O$ (40-60 %), родохрозит $MnCO_3$ (40-45 %). По минеральному составу выделяют окисные, карбонатные и смешанные руды. Оксиды и оксидно-карбонатные руды считаются кондиционными при содержании марганца не менее 17 % в необогащенном сырье и не менее 25 % в мытой руде. Минимальное содержание марганца в карбонатной руде 13 % при условии получения 22 % металла в

мытой руде. Вредной примесью является фосфор (не более 0,2 %). Наиболее богатые марганцевые руды, употребляемые для выплавки ферромарганца должны содержать (в %): $Mn \geq 50$; $SiO_2 \leq 9$; $P \leq 0,2$.

Промышленными являются марганцевые месторождения *осадочные, остаточные кор выветривания*.

Осадочные месторождения являются ведущими для России и стран СНГ. Они концентрируют более 80% мировых запасов марганцевых руд на континентах. Руды залегают в виде пластовых залежей, имеют почти горизонтальное залегание, выдержанную мощность и относительно равномерный состав. Содержание марганца в рудах 20-40 %, масштаб запасов отдельных месторождений – сотни миллионов тонн руды. Наиболее крупные осадочные месторождения – Никопольское (Украина), Чиатуры (Грузия), Габон и ЮАР.

В Бразилии и Индии известны крупные месторождения остаточных кор выветривания, нехарактерные для России.

Огромные запасы марганцевых руд сосредоточены в железомарганцевых конкрециях дна Тихого, Атлантического и Индийского океанов. Они являются потенциальным источником металла. В составе конкреций: марганец 25-30 %, железо 10-12 %, никель 1-2 %, кобальт 0,3-1,5 %, медь 1,0-1,5 %.

Хром

Общие мировые запасы хромовых руд 3,8 млрд. т, которые в основном сосредоточены в Африке (Зимбабве, ЮАР); меньшими запасами обладают Индия, Бразилия, Финляндия, Балканские страны. Мировая добыча товарных руд в 1996 г. составила 11,2 млн. т. Запасы хрома распределяются на 14 стран, из которых ≈ 50 % приходится на долю ЮАР. Стоимость 1 т хромитовой руды составляет 65-135 долларов.

СНГ занимает первое место в мире по запасам и добыче хромитов. Основные месторождения расположены в пределах хромитоносного пояса Урала, но на территории Казахстана. К весьма крупным относятся месторождения с запасами выше 25 млн. т, к крупным – от 5 до 25 млн. т, к средним – от 1 до 5 млн. т, к мелким – менее 1 млн. т. Уникальные месторождения имеют запасы руд сотни миллионов тонн. Среднее содержание хрома в земной коре 0,0083 %. Хром входит в состав 25 минералов. Промышленными являются хромиты с общей формулой $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{O} \cdot (\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3$ и изменчивыми содержаниями (%) компонентов: Cr_2O_3 16-65, MgO до 16, FeO до 18, Fe_2O_3 до 30, Al_2O_3 до 33. Наиболее ценным из хромитов является магнохромит (50-65 % Cr_2O_3), меньшее значение имеют хромпикотит и алюмохромит. Хромитовые руды – единственный промышленный тип руд. Руды делят на богатые и бедные с минимальными содержаниями Cr_2O_3 соответственно 37 и 12 %. Бедные руды подлежат обогащению. Для производства ферросплавов используют руды с содержанием не менее 40 % Cr_2O_3 , фосфора не более 0,07 %, серы – не выше 0,05 %; отношение $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO}$ не менее 2,5-3. Для огнеупоров пригодны руды с содержанием Cr_2O_3 не менее 35%, SiO_2 не более 8%, CaO не более 2%. Среди коренных магматических месторождений хромитов выделяют раннемагматические и позднемагматические промышленные типы.

Раннемагматические месторождения образованы пластообразными телами хромитовых руд в массивах ультраосновных пород. Уникальными по запасам (по 500 млн. т) являются Бушвельдский массив в ЮАР и месторождения Великой Дайки в Зимбабве. Руды высококачественные (Cr_2O_3 45-50 %) и локализованы в пластах мощностью от 0,2 до 1,8 м.

Позднемагматические месторождения хромитовых руд размещены в пределах массивов дунитов, перидотитов, пироксенитов. Руды

локализованы в жиллообразных и линзовидных крутопадающих телах, реже в пологопадающих пластообразных залежах. Содержание Cr_2O_3 в массивных рудах 35-52 %, во вкрапленных 5-30 %. Запасы руд на месторождениях – десятки миллионов тонн. Позднемагматические месторождения распространены в Урале (Кемпирсайское и Сарановское). Известны месторождения за рубежом – в Албании, Греции, Югославии, Турции, Индии, Кубе.

б) Цветные металлы

Цветные металлы – перерабатываются на предприятиях отрасли тяжелой промышленности именуемой цветной металлургии. Она включает в себе предприятия по добыче, обогащению, металлургической обработке руд цветных металлов и металлообработке. Основные виды продукции цветной металлургии – руды, концентраты, литые металлы и сплавы цветных металлов, порошки, химические соединения цветных металлов, изделия из цветных металлов, и сплавов и др.; попутная продукция – минеральные удобрения, строительные материалы и др.

Руды цветных металлов комплексные, но в отличие от других полезных ископаемых содержание в них полезных компонентов низкое. В добываемом сырье вместе с основными элементами – Al, Cu, Pb, Zn, Sn, Hg, Bi – содержатся также Co, Au, Ag, Re, Ga, Se, Fe, Cd, Sc, Ge; металлы платиновой группы и др. Комплексная переработка руд позволяет извлекать многие попутные компоненты.

Например, на свинцово-цинковых комбинатах извлекается до 20 ценных компонентов и на их основе производится более 50 видов товарной продукции. На медных предприятиях извлекается 15 элементов и производится свыше 40 видов товарной продукции.

Большинство редких и благородных металлов в России получают в результате комплексной переработки сырья. Объемы отходов на еди-

ницу продукции значительно выше, чем в других отраслях (угольная и железорудная), так для получения 1 т металла перерабатывают от сотен до тысяч тонн руды.

Алюминий

Основу минеральной сырьевой базы алюминиевой промышленности составляют месторождения бокситов, из которых вырабатывают глиноземное сырье для получения металлического алюминия (≈ 1500 \$/т).

До 95 % всех мировых ресурсов бокситов сосредоточено в Австралии, странах Африки, Карибского бассейна, Южной Америки, в Индии и Китае. Наиболее крупные месторождения бокситов находятся в Австралии, Гвинее, Бразилии, Ямайке (из 140 млн. т добытых в мире в 1999 г., на эти страны приходится около 100 млн. т). Разведанные запасы бокситов (без России) в 1997 г. составили 30 млрд. т. Из стран Европы крупные запасы бокситов имеются в Греции, Франции. В России (6-е место по запасам) основные месторождения алюминиевых руд расположены на Урале, на северо-западе России и в Сибири. Качество российских бокситов невысокое, поэтому для производства алюминия у нас чаще используются нефелиновые сиениты.

Среднее содержание алюминия в земной коре 8 %. Это наиболее распространенный в земной коре металл. По производству и потреблению он уступает только железу. Известно около 250 минералов алюминия, но промышленное значение имеют лишь два минерала: боксит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (64-85 % Al_2O_3) и нефелин NaAlSiO_4 – 34 % Al_2O_3 . Потенциально промышленными являются сравнительно обогащенные алюминием высокоглиноземистые минералы и алунит.

Требования промышленности к бокситам, идущим на производство алюминия таковы: $\text{Al}_2\text{O}_3 > 45 \%$, $\text{SiO}_2 < 15 \%$ и $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$ более 3. Для других областей применения требования промышленности менее жесткие. Для высокоглиноземистых нефелиновых пород (уртитов) содержание Al_2O_3 не менее 25-27 %, сумма щелочей 10-12 %, вредными являются оксид железа, кремнезем и оксид марганца. Ценность нефелинового сырья определяется его комплексностью: кроме глинозема получают содопродукты, цемент, некоторые редкие и рассеянные элементы. Впервые в промышленных масштабах алюминий стали получать из нефелиновых концентратов апатит-нефелиновых руд хибинских месторождений в 1949 г. Основными типами промышленных месторождений являются магматические и осадочные.

1. **Магматические месторождения** представлены массивами щелочных пород (ийолитов, уртитов и др.). Наиболее крупное – Кия-Шалтырское расположено на севере Кемеровской области – тело уртитов имеет форму клина длиной 2,3 км и площадью 0,3 км. Руды состоят из нефелина (75-90 %) и титаноавгита (10-25 %). Они относятся к наиболее богатым нефелиновым рудам и по устойчивой качественной характеристике они близки Кольскому нефелиновому концентрату и используются для получения глинозема без предварительного обогащения. Средние содержания основных компонентов в рудах месторождения: Al_2O_3 – 27-29 %, SiO_2 – 40 %, Fe_2O_3 – 4 %, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ – 13 %. Известны месторождения аналогичного генезиса в Красноярском крае (Горячегорское), в Хибинах и в Закавказье (Тежсарское).
2. **Осадочные месторождения геосинклинального типа** залегают в карбонатных породах. Форма рудных тел – пластообразная, окраска бокситов пестрая. Мощность бокситовых горизонтов 5-10 м, до 30 м.

Месторождения этого типа – ведущие в мире, в России также имеют важное промышленное значение (Северо-Уральские бокситовые рудники).

Платформенные месторождения уступают по промышленному значению геосинклинальным. Это линзы и пластообразные залежи, связанные с отложениями озерно-болотной фации. Руды преимущественно гидраргиллитовые, реже диаспоровые. К этому типу относятся месторождения: Тихвинское в России, Амангельдинское в Казахстане. За рубежом преобладающим промышленным типом являются остаточные месторождения бокситов, образовавшиеся при выветривании в условиях жаркого и влажного (тропического) климата.

Медь

Медь является стратегическим металлом, уровень потребления которого служит одним из основных показателей производственно – технического потенциала страны. По объему потребления медь занимает 2-е место среди цветных металлов (после алюминия) и 3-е место среди всех металлов (после железа и алюминия).

Общие мировые запасы меди 0,8 млрд. т. Наиболее крупные запасы сосредоточены в Чили, США, Замбии, Конго, Перу и Канаде. На долю этих 6 стран приходится более 80 % запасов и 75 % добычи меди. Россия является одним из крупнейших производителей меди. Разведанные запасы составляют 11 % от мировых и 53 % от запасов стран СНГ.

По разведанным запасам Россия занимает 3-е место в мире после Чили и США, а по добычи – 5-е место после Чили, США, Канады и Замбии. Основной базой производства меди в России является Сибирь. Мировое производство рафинированной меди в 1996 г. составила 12,6 млн. т, в России 524 млн. т. Цена 1 т в 1998 г. равнялась 1740 \$.

Среднее содержание меди в земной коре 0,01 %. Известно свыше 200 медьсодержащих минералов. Из них основное промышленное значение имеют халькопирит CuFeS_2 (34 % Cu), борнит Cu_5FeS_4 (52-65 %), халькозин Cu_2S (80 % Cu). Широко известны окисные минералы – оксиды и карбонаты, последние представляют собой отличные поделочные камни (малахит, азурит).

Медные руды делятся на два промышленных типа: сульфидные и оксидные. 62 % меди выплавляются из сульфидных руд, остальное количество приходится на самородную медь, оксиды, карбонаты и другие. Содержание меди для рентабельной отработки равно 1-3 % (при подземной добыче) и 0,5-0,7 % при отработке карьерами. Руды в большинстве своем являются комплексными (Mo-Cu, Cu-Ni, Cu-Zn-Pb, Cu-Fe-U), в них обычно присутствуют минералы железа, теллура, рения, содержится селен, кадмий, германий, индий, галлий. При геолого-промышленной оценке месторождений и расчете кондиций учитываются ценность извлекаемых попутно компонентов.

Технология извлечения зависит от минерального состава. В последние годы широко применяется пирометаллургическая переработка с получением черновой меди, а при последующем электролитическом рафинировании черновой меди получается медь высокой чистоты, из шлаков извлекаются селен, теллур и благородные металлы.

Основными промышленными типами медных месторождений являются:

- 1) Магматические;
- 2) Гидротермальные; медно-колчеданные месторождения характерны для России. ("Уральская колчеданная полоса").

Магматические месторождения. К этому типу относятся сравнительно крупные медно-никелевые сульфидные месторождения России (Норильское, Печенга), Садбери (Канада). Форма тел – пластообразные (донные) залежи, жилы, реже вкрапленные руды. Промышленным минералом меди является халькопирит.

Гидротермальные месторождения. Среди них выделяются два подтипа:

- Прожилково-вкрапленные "медно-порфировые" - связанные с телами гранитов. Рудные тела обычно имеют очень крупные размеры. Первичные минералы меди – халькопирит, блеклые руды, вторичные зоны цементации – халькозин. В рудах этого типа сосредоточено около 50% мировых запасов со средним содержанием меди 0,6 %. К дан-

ному типу относятся: Коунрад (Казахстан), Альмалык (Узбекистан), Чукикамата (Чили), Бинхем (США).

- Медистые песчаники образуют крупные пластообразные залежи мощностью до 30 м, простирающиеся иногда на многие километры. Руды вкрапленные, иногда богатые по содержанию меди, сложены халькопиритом, борнитом, халькозином. На их долю приходится 35 % мировых запасов при среднем содержании меди 1,6 %. Типичные месторождения – Джезказган (Казахстан), Удоканское (Забайкалье), а также месторождения Замбии и Конго.

Для России наиболее перспективным является Восточно-Сибирский район, на долю которого приходится около 40 % всех ресурсов, в т.ч. около 100 % ресурсов медно-никелевого типа (Норильский рудный район), а также 94 % ресурсов месторождений медистых песчаников и более 30 % месторождений медно-порфирового типа (Читинская область).

Свинец и цинк

Разведанные мировые запасы свинца оцениваются в 136 млн. т, а цинка примерно в 275 млн. т. Около 75 % запасов свинца и 70 % цинка заключено в месторождениях Канады, США, Австралии, Мексики, Перу и Германии. Доля этих стран в общей добыче составляла: свинца – 67 %, цинка – 72 %. Мировая добыча свинца в 1995 г. составила 5 млн. т, а цинка около 7 млн. т. Важнейшими рудными районами в России являются Сибирь, Дальний Восток и Северный Кавказ. Цены за 1 т равны (в долларах): свинец 585, цинк 700-900.

Среднее содержание в земной коре свинца – 0,0016 %, цинка – 0,01 %. Известны 180 минералов свинца и 60 минералов цинка, однако наибольшее промышленное значение имеют галенит – PbS (86 % Pb) и сфалерит – ZnS (67 % Zn).

В промышленных месторождениях выделяют следующие типы руд: свинцовые, цинковые, свинцово-цинковые и полиметаллические (с Cu , Cd , Ag , Co , Ni , Bi , Ge и др.). Главное промышленное значение имеют два последних типа руд. При оценке руд большое значение имеет комплексность отработки и использования. Минимальное содержание свинца при крупных запасах около 1 %, цинка 2-3 %.

Месторождения с запасами более 10 млн. т относятся к уникальным, 2-10 млн. т – крупные, менее 2 млн. т – средние и мелкие. К вредным примесям относятся висмут (до 0,05 %), мышьяк (до 1 %) и некоторые другие. Среди промышленных месторождений свинца и цинка наибольшее значение имеют гидротермальные месторождения: это главный промышленный тип, который разделяется на три подтипа:

- **Высокотемпературные месторождения** (Сулливан в Канаде и Броккен – Хилл в Австралии) представлены рудными телами линзообразной и сложной форм. На их долю приходится до 30 % мировой добычи свинца. Для России нехарактерен.
- **Среднетемпературные месторождения** в вулканогенно-осадочных породах (Рудный Алтай, Салаир), и карбонатных породах (Нерчинская группа в Забайкалье, Ледвиль в США). Вещественный состав

руд – галенит, сфалерит и другие сульфиды. Свинцово-цинковые руды одного из крупнейших в мире месторождения Кер-д-Ален (США) содержат в среднем около 10 % свинца и цинка и около 35 г/т серебра на каждый процент свинца.

- ***Низкотемпературные месторождения*** образуются преимущественно метасоматическим путем. Руды по составу простые (галенит, сфалерит, пирит) – массивные и вкрапленные, образуют жиллообразные и пластообразные тела. К этому типу относятся крупные месторождения Казахстана (Турлан), Польши, Бельгии и штата Миссури (США). Особенно значительна роль этого подтипа для цинка (почти 50 % мировой добычи).

Кроме описанных выше типов известны промышленные концентрации свинца и цинка осадочного генезиса (Мегген, Германии) и скарновые месторождения (Тетюхе, Россия).

в) Благородные металлы

Золото

Мировые ресурсы золота составляют 96 тыс. т, подтвержденные запасы золота (в России соответствуют запасам высоких категорий) составили в 1996 г. около 51 тыс. т, из них большая часть сосредоточена в недрах Африки, более 20 % в Америке и Австралии. 93 % добычи приходится на древние (допалеозойские) месторождения, в основном на южноафриканские рудники, которые относятся к наиболее глубоким в мире. Средняя глубина разработок около 2 км, а максимальное содержание золота в руде 16г/т.

За прошедшие 20 лет (1980-1999 г.) в мире, включая Россию добыто 38270 кг золота. В 1999 году во всем мире добыто 2515 т золота. В первую "золотую десятку", на долю которой приходится более 80 % всей мировой добычи, вошли следующие страны: ЮАР, США, Австралия, СНГ (все страны), Индонезия, Канада, Китай, Бразилия, Гвинея, Гана. Занимая по запасам золота в недрах третье место в мире РФ по производству золота, находится на 7-м месте. Уверенно наращивая в последние годы добычу золота, Россия реально претендует на место в первой пятерке.

Содержание золота в земной коре $5 \cdot 10^{-6}$ %. В природе известно 15 золотосодержащих минералов, из которых основное промышленное значение имеют золото и его теллуриды.

Золото присутствует в рассеянном виде и виде зернистых и неправильной формы агрегатов в жильном кварце или сульфидных материалах – пирите, арсенопирите, халькопирите, блеклых рудах, галените, сфалерите. Соответственно выделяют золотокварцевые и золотосульфидные руды коренных месторождений. В россыпях золото наблюдается в самородном виде и отличается относительно высокой пробностью. Коренные золотые месторождения разрабатываются при содержаниях 5-10 г/т, россыпные 0,2-1,0 г/м³. Для комплексных месторождений, из которых золото извлекается попутно, кондиции отсутствуют.

Цена золота на мировом рынке в 1999 г. составила около 9 долларов за 1 грамм.

Добыча золота в ведущих странах-производителях – ЮАР, США, Австралии, Канаде и Китае, осуществляется преимущественно за счет эксплуатации коренных месторождений. Россия, занимающая одно из ведущих мест в мировом объеме добычи, составляет исключение. Она добывает 85 % золота из россыпных месторождений и только 15 % из коренных. При этом 75 % прогнозных ресурсов и 52 % запасов золота сосредоточено в коренных месторождениях. Поэтому основой стратегии развития золотодобывающей промышленности России является вовлечение в разработку коренных месторождений и, соответственно, необходимость переориентации золотодобывающей промышленности с россыпей на коренные месторождения.

Наибольшее промышленное значение имеют гидротермальные, метаморфизованные и экзогенные (россыпи) месторождения золота.

Гидротермальные месторождения. Наиболее известны в России Качкарское, Балейское и Березовское месторождения. Рудные тела образуют жилы или систему лестничных жил. Золото весьма мелкое, заключено в пирите и блеклых рудах при содержании 8-12 г/т. В России месторождения этого типа являются первоочередными объектами, так как обладают значительными запасами, легко обогащаемые, характеризуются простой технологией переработки.

Огромное промышленное значение имеют *осадочно-метаморфогенные месторождения* в конгломератах (ЮАР, Гана). На месторождении Витватерсранд (ЮАР) оруденение представлено конгломератами, которые слагают сеть горизонтов – "рифов", самый продуктивный из них нижний протяженностью 160 км. Конгломераты состоят из кварцевой гальки, сцементированной кварцевым песком. В цементе содержатся золото, пирит, платиноиды и алмазы. Среднее содержание золота 4,5 г/т с глубиной уменьшается и урана 0,015 %. Запасы месторождения: золото 8-12 тыс. т, уран – 500 тыс. т.

Золотоносные россыпи. В России пока играют значительную роль. Основное значение имеют аллювиальные россыпи. Крупнейшими в мире являются россыпи Топожос (Бразилия) и Ном (США). В России промышленные россыпи расположены на востоке страны (бассейны рек Лены, Колымы, Алдана, Бодайбо и др.). Известны протяженные долинные россыпи в Кемеровской области (Мариинская тайга, Горная Шория). 67 % золота в РФ добываются из россыпных месторождений. Падение цены на золото на мировом рынке с 12 долларов за 1 грамм в 1996 г. до 9 долларов в 1999 г. сделало добычу золота на многих месторождениях нерентабельной. В мире в последние годы на передний план вместо золотоносных конгломератов выходят месторождения других генетических типов – это значительные по запасам месторождения комплексных медно-порфировых золотоносных руд, в частности, крупнейшее в мире

месторождение Грасберг в Индонезии; в породах песчано-сланцевой формации с запасами на отдельных объектах более 300 т (Мурунтау, Узбекистан).

К наиболее перспективным золоторудным объектам в России следует отнести три промышленных эндогенных типа: в углеродистых породах песчаниково-сланцевых формаций (Сухой Лог); эпитермальных золотосеребропорфировых руд (Многовершинное); золотосодержащих, в первую очередь, медно-порфировых руд (Наталкинское).

1.2.2. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

В этот раздел полезных ископаемых объединяют строительные материалы, сырье для химической промышленности и сельского хозяйства, а также горнорудное неметаллическое сырье.

а) Строительные материалы

Все строительные материалы подразделяют на две группы – естественные строительные каменные материалы, которые получают из горных пород путем их механической обработки (или без нее), и искусственные стройматериалы, получаемые из горных пород в результате их термической обработки.

Естественные стройматериалы применяются в виде изделий, имеющих правильную геометрическую форму – облицовочный и борто-

вой камень, брусчатка и т. д., либо в виде кусков неправильной формы – бутовый камень, щебень, песок и гравий.

К искусственным стройматериалам относятся вяжущие вещества (известь, цементы и др.), огнеупоры (керамические изделия, стекло и силикатный кирпич).

б) Горнохимическое сырье

Развитию сырьевой базы химической промышленности уделяется значительное внимание. В качестве сырья, кроме угля и других горючих полезных ископаемых, используется природное минеральное сырье: фосфатные руды, калийные соли, серные руды, борные, мышьяковые и бариевые руды, природная сода, поваренная соль, йод, бром и др. Кратко охарактеризуем наиболее распространенные и важные виды горнохимического сырья.

Аггруды, прежде всего фосфатные, являются одним из важнейших видов минерального сырья; считая, что мерой обеспечения продовольственной безопасности России, является и применение минеральных удобрений, фосфатное сырье следует отнести к стратегическому. Природным фосфатным сырьем являются фосфориты и, в меньшей мере, минералы группы апатита. Из стран СНГ по запасам фосфоритов лидирует Казахстан, а из зарубежных стран наиболее крупные запасы сосредоточены в США и Марокко, на долю этих стран приходится 84 % запасов и 88 % добычи – 42,2 млн. т. Мировые запасы фосфоритов (в пересчете на пентоксид фосфора) насчитывают 11 млрд. т, а апатитов – 1,2 млрд. т. По запасам апатитов (0,8 млрд. т) Россия занимает 1-е место, однако руды с высоким (15 %) содержанием P_2O_5 в основном исчерпаны. Из апатитов получают 5 млн. т фосфатных концентратов, в РФ – 3 млн. т. Цена 1 т фосфатного концентрата составляет 100 – 120 \$ /т.

Промышленные руды должны содержать P_2O_5 не менее 4-5 % при условии получения после обогащения концентрата с содержанием P_2O_5 не менее 26-30 %.

В настоящее время наибольший практический интерес представляют магматические и осадочные месторождения.

Магматические месторождения представлены апатитовыми и апатит-нефелиновыми линзами протяженностью несколько километров при мощности до 200 м. Содержание P_2O_5 составляет в богатых рудах 20-29 % и в бедных 11-14 %, руды комплексные и являются сырьем для получения фосфора, глинозема и титана. Примером месторождений этого типа являются Хибины (Россия).

Осадочные месторождения залегают среди преимущественно карбонатных пород.

Фосфатные пачки содержат большое количество фосфоритовых пластов общей мощностью в десятки метров, содержание P_2O_5 высокое – 22-36 %. К этому типу относятся месторождения Северной Африки и США, а также крупнейшие месторождения Казахстана (Каратау).

в) Ископаемые соли

Важнейшим химическим сырьем следует считать ископаемые соли (KCl , $NaCl$), имеющие весьма широкое применение. 95 % калийных со-

лей используется в сельском хозяйстве, остальное в химии. Содержание K_2O в массе соли 9-26 %. Попутно извлекаются – хлориды (Mg и Br).

Разведанные запасы каменной соли составляют 12 млрд. т (в пересчете на диоксид калия), мировая добыча превышает 23 млн. т. Запасы сосредоточены в основном в Канаде (4,4 млрд. т), России ((3,7 млрд. т), Беларуси (2,2 млрд. т), Германии (0,7 млрд. т), Туркмении (0,6 млрд. т). Мировая добыча ведется в России (3,7 млн. т), Канаде (8,6 млн.т), Германии (3,3 млн. т), Белоруссии (2,7 млн. т), США (1,3 млн. т). Цены на калийные концентраты колеблются в пределах - 138 – 142 \$/т (стандартный сорт) и 162 – 168 \$/т (гранулированный сорт).

г) Горнорудное неметаллическое сырье

Большое значение для развития народного хозяйства имеют ресурсы таких ценных минералов, как - алмаз, слюда, графит, корунд и др. К горнорудному сырью относится огромное количество видов минерального сырья: исключительно важных, но из них не добывают металлы, а они имеют иные области применения:

- флюсы и огнеупоры в металлургии (доломит, магнезит, кальцит, кварц, флюорит и др.);
- драгоценные, полудрагоценные, декоративные и поделочные камни (топаз, берилл, гранат, яшма, мрамор и др.);
- оптическое сырье (кальцит, кварц, гипс, флюорит);
- огнеупорные и огнестойкие материалы (графит, асбест);
- абразивные материалы (корунд, алмаз и др.).

Одним из наиболее ценных полезных ископаемых этой группы является алмаз.

Алмаз

Алмаз представляет собой одну из модификаций углерода, являясь самым твердым природным соединением.

Алмазы применяются в ювелирном деле и как абразивы. Технические алмазы разделяются на три разновидности – борт, карбонадо и баллаасы.

От начала добычи и до 1985 г. извлечено из недр около 2000 млн. карат (около 400 т). Мировые запасы алмазов превышают 1,2 млрд. карат (без России), в том числе ювелирных сортов – 0,4 млрд. карат. Мировое производство в 1999 г. алмазов всех видов (включая синтетические), составило 100 млн. карат, из них ювелирных – 44,5 млн. карат.

Доля России в мировой добыче алмазов составляет 25 %. Из общих запасов алмазов зарубежных основная масса запасов и 2/3 добычи приходится на Африку. По добыче ювелирных камней ведущие места занимают ЮАР, Ангола и Намибия, на долю которых в 1996 г. приходилось соответственно 32, 19 и 15 % общей добычи. Примерно 60 % всех алмазов добывается из россыпей и 40 % из коренных месторождений (кимберлитовых трубок и брекчий). При добыче технических алмазов (55,5 млн. карат) ведущими продуцентами являются Австралия, Заир и Ботсвана.

В России месторождения алмазов расположены в Якутии (коренные) и на Урале (россыпи). В последние годы начата разработка Ломоносовского месторождения в Архангельской области. В коренных месторождениях алмазы приурочены, преимущественно, к кимберлитовым трубкам, имею-

щим сечение от нескольких метров до нескольких сот метров и прослеживаемым на глубину более 1 км. Размеры в поперечнике Якутских трубок от 45 до 600 м. Из общего числа трубок продуктивные трубки составляют не более 10 %.

Среди кимберлитовых трубок Южной Африки известны очень крупные с запасами в десятки миллионов карат. Среднее содержание алмазов для рентабельной отработки 0,5 карата на 1 т. породы или 1 карат на 1 м³ горной массы.

Вторым промышленным типом месторождений алмазов являются россыпи, образующиеся при разрушении кимберлитов. В общем случае промышленные россыпи содержат от сотых долей до нескольких карат алмазов на 1 кубометр песков. Ценность месторождений зависит не только от содержания, но также от размера и качества алмазов, в частности, от их строения, трещиноватости, прозрачности и окраски. Наиболее крупные россыпи алмазов сосредоточены в Южной Африке и на Урале.

Цеолиты

Цеолиты являются водными алюмосиликатами с пористой микроструктурой. Это новый тип полезных ископаемых, использование которого в промышленности и сельском хозяйстве началось только в 60-х годах XX столетия. Их применение определяется полезными свойствами (адсорбционная способность, термостойкость, кислотостойкость и др.). Цеолиты - сырье многоцелевого назначения. Важнейшие области применения природных цеолитов:

- 1) Дезактивация радиоактивных отходов по программе "Чернобыль – 90".
- 2) Очистка промстоков от солей тяжелых металлов.
- 3) Осушка природного газа.
- 4) Очистка высоко мутных вод для питьевого и промышленного водоснабжения.

Кроме того, доказана эффективность применения природных цеолитов при извлечении тяжелых металлов, при обезвреживании сточных вод, для сорбции аммиака из продуктов газификации углей, осушки брома, пиролизного газа и этилен - этановой фракции, при изготовлении безусадочного цементного тампонажного раствора, в качестве модифицирующих активных добавок и наполнителей резины, пластмасс и бумаги, для получения кислорода и азота из воздуха и обогащения воздуха кислородом, сорбции воды и органических кислот из масло-фреоновых смесей в холодильной промышленности, в качестве добавок при производстве высокопрочных и декоративных цементов, для очистки и осветления соков, вин, этилового спирта, предохранения минеральных удобрений от слеживаемости, осушки зерна и его кондиционирования и т.д.

В России промышленную ценность имеют месторождения поздне-диагенетизированных цеолитов. Лучшим по качеству является Холинское месторождение в Читинской области. Известны месторождения во многих районах Сибири и Дальнего Востока, а также в Грузии и Азербайджане.

В 1976 г. в Кемеровской области было открыто Пегасское месторождение цеолитов в бассейне р. Томь.

Цеолитовые породы на этом месторождении слагают несколько пологопадающих пластов мощностью 1,6-6 м, в туфогенно-осадочной пачке верхнемальцевской подсвиты, сложенной песчаниками, туфами, туффитами. Содержание клиноптилолита в цеолитовых породах в среднем 70 %. Цеолитоносная туфогенно-осадочная пачка прослежена на 30 км. Цеолиты по составу, способу образования и свойствам имеют много общего с такими из месторождений других районов. Характерная особенность - триасовый возраст, а также существенно кальциевый состав, приближающий их ближе к гейландиту, чем аналогичные цеолиты большинства других месторождений. Месторождение расположено в промышленно развитом районе и имеет большое значение как единственное в Западной Сибири.

Каолины

Каолины относятся к наиболее важному и распространенному виду горнорудного сырья. Каолины потребляются в естественном или обогащенном виде. Области применения каолина разнообразны, но основная масса минерального сырья применяется для производства огнеупорного кирпича и керамических изделий.

Месторождения каолинов с запасами (кат. А+В+С) свыше 50 млн. т. считаются очень крупными, 30 млн. т. - крупными, менее 30 млн. т. средними и менее 10 млн. т. - мелкими. Пример сравнительно крупного месторождения - Гусевогорское (Приморье, РФ). Богатые руды содержат каолин более 40 %, в бедных и рядовых рудах их количество 20-40 %. Промышленные типы представлены гидротермальными и осадочными месторождениями, последние характеризуются большими размерами и лучшим качеством.

Графит

Потребность в графите определяет станкостроение 50 %, химия, электротехника, черная металлургия 25 %. Содержание графитного углерода в кристаллических рудах должно быть более 2,5 %, а в скрытокристаллических не менее 70 %.

Мировые запасы графита определяются в 600 млн. т. Крупными запасами аморфного графита располагают Мексика и Австрия, а кристаллического - Шри-Ланка, Индия, Швеция. Добыча графита составляет более 800 тыс. т. и сосредоточена в России, Китае, Южной Корее, Мексике, Австрии, Украине.

Выделяется несколько промышленно-генетических типов. Метаморфические месторождения: осадочные породы превращаются в парагнейсы или кристаллические сланцы с выделением графитного углерода (Тайгинское, Урал).

Месторождения, образовавшиеся за счет метаморфизма каменного угля. Характерен "аморфный" графит с очень высоким содержанием графитного углерода (Курейское, Восточная Сибирь).

Контактово-метасоматические месторождения, приурочены к контактам карбонатных и силикатных пород. Для них характерна плотнокристаллическая разновидность графита, относительно небольшие размеры рудных тел и высокое содержание графитного углерода. (Боготольское, Бурятия).

Тальк

Являясь универсальным представителем горнорудного сырья, тальк применяется в керамической, химической, бумажной, лакокрасочной, кабельной промышленности. Обилие потребителей обуславливает и большое разнообразие требований к качеству сырья. Химические примеси (Fe, Mn, Al, Ti), наиболее обычное среди них железо (до 4,5%).

Среди промышленных типов выделяются гидротермальные месторождения, представлены метасоматическими залежами в магнезитовых и доломитовых породах. Тальковые тела залегают группами либо внутри магнезитов, либо на контакте с другими вмещающими породами, форма тел - жилы и линзы. Месторождения известны во многих районах России, примерно 75 % учтенных запасов талькитов приходится на Южную Сибирь, а остальные 25 % на Урале.

Из стран СНГ средние по размерам месторождения известны на Украине, в Грузии и в государствах Средней Азии. Мировые запасы талька и талькового камня более 500 млн. т. Мировая добыча талька составляет 6,5 млн. т., из них 1/3 приходится на Японию, более 1 млн. т. в США, Китае. В Кемеровской области разведана и начата разработка одного из крупных месторождений талька. (Алгуйское).

Цена на тальк в зависимости от качества и области применения изменяется от нескольких до 110 \$ за 1 т.

1.2.3 ГОРЮЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Добыча и переработка горючих полезных ископаемых осуществляется отраслью промышленности именуемой топливно-энергетическим комплексом. На всех этапах развития цивилизации энергетика являлась и продолжает оставаться главной составляющей всякого производственного процесса.

В XX веке минеральные виды топлива и электроэнергетики стали основой мирового промышленного производства и научно-технического прогресса. Степень энерго- и электровооруженности – один из главных факторов, определяющих уровень экономического и технического развития каждой страны.

По мнению ряда ученых, мир подошел к завершению одного из этапов в истории энергетики. Увеличения добычи и использования нефти и газа, которые были основой экономического развития в предшествующие десятилетия, в будущем не предвидится из-за ограниченности их запасов и растущей конкурентоспособности других видов сырья и способов получения энергии. В связи с этим ставится вопрос о срочной необходимости создания новой энергетической базы, которая сможет обеспечить непрерывный рост мировой экономики, и предполагается, что основой энергии будущего станет уголь. В промышленно развитых странах он может быть основным видом топлива, обеспечивающим рост

экономики, и главным заменителем нефти и газа во многих областях их использования в настоящее время.

К горючим полезным ископаемым относят уголь, горючие сланцы, нефть и природные газы. Горючие полезные ископаемые имеют важнейшее практическое значение, как металлургическое и энергетическое топливо, сырье для химической промышленности. В них присутствуют промышленные концепции редких и рассеянных элементов (Ge, V, U и др.).

Более 75 % затрат на добычу минерального сырья приходится на горючие полезные ископаемые.

Нефть и газ являются не только источниками получения топлива (бензин, керосин, мазут и электроэнергия), но и сырьем для химической промышленности. Нефтехимические предприятия снабжают народное хозяйство такими продуктами, как удобрения, каучук, пластмассы, синтетические волокна и многое другое.

Из всех видов топлива к группе возобновляемых ресурсов относится только торф. В России сосредоточено свыше 50 % мировых запасов торфа. Основное направление использования торфа – энергетика. Ресурсы торфа изучены достаточно. Они позволяют организовать добычу в размере нескольких сотен млн. т/год.

Важнейший вид топливных ресурсов – уголь. Две трети запасов представлены каменными углями, свыше 30 % запасов – бурыми углями. Запасы угля концентрируются в отдельных бассейнах, народнохозяйственная значимость которых определяется рядом факторов. К ним относятся: количество запасов, качество углей, горнотехнические условия, географическое положение, наличие потребителей.

Одной из тенденций развития угольной промышленности являются рост добычи бурых углей. В настоящее время представляются реальными два пути их использования. Во-первых, создание крупнейших электростанций, вырабатывающих дешевую электроэнергию для передачи в центральные районы страны. Во-вторых, получение из бурых углей полукокса, отличающегося низкой теплотой сгорания и выдерживающего транспортирование на значительные расстояния.

Основными потребителями угля в нашей стране являются тепловые электростанции (42 %), черная металлургия (20 %), котельные и коммунально-бытовое хозяйство (16 %), и другие потребители (заводы полукоксования, установки по производству электронных наполнителей, абсорбентов, термографита, сульфоугля, горного воска, углещелочных препаратов и др.).

Угли являются одним из важнейших видов топливно-энергетического сырья. Наряду с нефтью и газом их добыча во всем мире ежегодно возрастает.

В настоящее время доля угля в мировом энергетическом балансе составляет 30 %. Запасы угля, которые экономически целесообразно разрабатывать, очень велики (они во много раз превышают запасы нефти и газа), и в будущем уголь может сыграть главную роль в решении проблемы удовлетворения растущей потребности в энергии.

Необходимо еще раз отметить, то обстоятельство, что горючие полезные ископаемые, за исключением торфа, относятся к невозобновляемым органическим источникам энергии и химического сырья. А запасы углей по энергетическому потенциалу во много раз превосходят запасы нефти и природных газов. В прогнозных ресурсах, оцениваемых в 12,8 трлн. т. условного топлива уголь составляет надежный источник сырья. По оценкам компетентных источников гарантированный прогнозируемый спрос на уголь в ближайшее время будет составлять около 4 млрд. т. При этом, предполагается более широкое и рациональное использование технологических и физико-химических свойств углей в мировом хозяйстве. Начавшаяся стабилизация и подъем производства определяют опережающие темпы спроса и на энергетические угли и на коксующиеся угли.

Основные данные по прогнозным и разведанным запасам ископаемых углей, а также по объемам годовой добычи в ведущих странах, приведены в нижеследующей таблице.

Таблица 3

Запасы и добыча ископаемых углей в мире и в ведущих странах.

Страна	Прогнозные ресурсы		Разведанные запасы		Объемы добычи, млн.т.		
	млрд. т.	%	млрд. т.	%	1988г.	1993г.	1997г.
Мир в целом	1481	100	1704,7	100	4749,9	4403,9	4240,4
Россия	4450,7	32	201,7	12	425,4	296,7	244
США	3600	24	444,8	26	869,7	886	987,7
Китай	1500	10	272	16	970	1131	1360
Австралия	864,9	6	116,8	7	215,4	237	321,7
Канада	582,2	4	77,3	4,5	70,2	64,1	78,7
Германия	334,3	2	105,5	6	181,4	286,2	223,5
Великобритания	231,4	1,5	45,4	3	103,8	87,5	64,2
Польша	173,9	1	41,2	2,4	266,5	198,7	190
Индия	170,5	1	78	4,5	188,3	249	320,9
ЮАР	140	1	115,5	7	178,2	182	220,4
Казахстан	128,4	0,9	34,1	2	143,1	111,9	72,6
Украина	99,6	0,7	47,2	3	191,7	115,7	75,9
Чехия, Словакия	28,0	0,2	6,6	0,4	123,5	92	80,8

В 1996-97 г.г. мировые цены на уголь за 1 т составили: коксующийся – 50 \$, а энергетический - 40 \$.

Учитывая, что Кузнецкий угольный бассейн является крупнейшим угледобывающим центром России (более 40 % добычи угля в стране),

рассмотрим более подробно направления и задачи рационального использования углей.

Рациональное использование углей

Рациональное использование углей представляет собой важную народнохозяйственную задачу, которая предусматривает не только основные традиционные направления, собственно топливное и коксохимическое, но и достаточно широкий диапазон, так называемых нетопливных видов их потребления. Эффективность и рентабельность последних может быть достигнута только при комплексной переработке исходных углей и связанных с ними минеральных компонентов.

Основные направления промышленного использования и переработки углей:

1. Прямое сжигание.

Подавляющая часть (до 75 %) добываемых углей используется в энергетике, в первую очередь на тепловых электростанциях. В качестве топлива служат, главным образом, рядовые и сортированные угли, а также промпродукты, реже обогащенные угли и ряд продуктов их предварительной переработки (полукокс, некондиционный кокс и др.). для энергетических углей наиболее важными показателями являются: содержание рабочей влаги, зольность, выход летучих веществ, содержание серы, теплота сгорания рабочего топлива, состав и плавкость золы. В

данном случае рациональность потребления углей в обеспечении высокого коэффициента полезного действия, экономичности процесса их сжигания, а также в экологии (газоочистка, золоуплавление, золоудаление).

2. Обогащение и брикетирование.

Обогащению подвергают, главным образом, угли используемые для получения кокса и в меньшей степени энергетические угли. В России обогащению подвергаются более половины всех добываемых углей.

Брикетирование также процесс механической обработки углей, при котором из мелочи, путем специальной технологии, получают кусковой продукт – брикет. По сравнению с исходным углем брикеты характеризуются большей механической прочностью, более высокой теплотой сгорания, меньшим содержанием влаги. Брикетированию подвергаются все виды углей, однако в наибольшей степени брикетируются бурые угли, но расширяются области применения брикетов в технологических углях, в частности при производстве полукокса, при формировании коксовой шихты.

3. Коксование.

Это процесс термической обработки углей без доступа воздуха. Вещество угля разделяется на газообразные соединения, которые конденсируются при охлаждении, образуя смолы, масла, пек; собственно

газовую часть; воду и остаточный твердый продукт. В зависимости от температуры нагревания этот продукт является полукоксом ($450-700\text{ }^{\circ}\text{C}$) или коксом ($800-1100\text{ }^{\circ}\text{C}$). В целом промышленную ценность имеют попутные жидкие и газообразные продукты процесса термической переработки угля.

4. Экстрагирование битумов.

Промышленное значение имеет монтаж-воск, используемый в электротехнике, литейном производстве, при изготовлении копировальной бумаги, некоторых сортов смазки. Помимо воска битумы содержат смолы и асфальтоподобные вещества.

5. Термообработка антрацитов.

Термоантрациты и термографиты используются в электротехнике, металлургии и химии; при производстве угольных электродов, при производстве новых конструкционных материалов, заменяющих легированные стали, при изготовлении крупных блоков для футеровки пода доменных печей и др. Температура получения термоантрацита $1200-1400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следует подчеркнуть, что термоантрациты относятся к дефицитному сырью.

6. Получение газообразного и жидкого топлива (гидрогенизация углей).

Возможно два основных способа синтеза жидкого горючего: это непосредственное получение путем прямой гидрогенизации исходного угля и гидрирование газа, полученного предварительно в результате газификации твердого топлива. В отличие от коксования гидрогенизация происходит при избытке породы. Процесс очень сложный. В настоящее время жидкое топливо получают в сравнительно небольших количествах, но в будущем в связи с резким уменьшением запасов нефти и газа, гидрогенизация, вероятно получит более широкое развитие .

7. Использование вмещающих пород, минеральных компонентов и примесей угля.

Главная область применения отходов добычи, переработки и сжигания углей – производство цемента, керамики, пористых наполнителей и др. Важной областью применения отходов является получение глинозема. В Экибастузском бассейне в породах вскрыши пласта 3 содержание Al_2O_3 , в пересчете на золу составляет 34-38 %, что расценивается как крупное месторождение на поверхности. Зольные уносы – один из основных источников получения германия. На месторождениях углей, содержание германия в которых превышает фоновые значения (1,5 г/т в пересчете на сухой уголь), производятся его количественные определения. Подсчет запасов германия производится в блоках, выделяемых для подсчета углей, или на отдельных обогащенных участках шахто-пласта. Определяется экономическая эффективность извлечения германия с уче-

том дополнительных затрат на строительство цехов или обогатительных установок. Кроме того, в высокосернистых углях ($S = 3 - 8 \%$), оценивается возможность извлечения сернистого колчедана – крупных конкреций пирита. При его извлечении происходит обессеривание товарного угля, содержание серы снижается на $50 - 60 \%$, что повышает его конкурентоспособность. Важным попутным компонентом является метан, пригодный для использования в качестве энергетического топлива. При его повышенных содержаниях отдельные месторождения угля переводятся в разряд метано-угольных. Каптация метана дегазационными скважинами снижает газоносность подземных выработок, проходящих по метановой зоне, что повышает безопасность горно-добычных работ. Подземные воды, дренируемые из обводненных выработок, используются, после очистки, для питьевых, технических, бальнеологических целей и т.д.

2. РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2.1. СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, РАЗВЕДКА И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2.1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ЗАДАЧИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Разведка месторождений полезных ископаемых – комплекс геологических исследований и работ, проводимых с целью определения пространственно-морфологических, объемно-качественных, гидрогеологических и инженерно-геологических параметров месторождения, необходимых для его геолого-экономической оценки.

Разведочные работы на месторождении полезного ископаемого производятся прежде всего в целях определения количества и качества, заключенного в нем полезного ископаемого, а также для выяснения природных и экономических условий, в которых находится месторождение.

Количество полезного ископаемого определяется занимаемым им объемом; следовательно, цель разведки в этом отношении заключается в выяснении формы и размеров разведываемого месторождения. Выяснение качества полезного ископаемого сводится к определению химического и минерального состава и природных типов руд, установлению технологических свойств руд и их сортов. Количество и качество полезного ископаемого предстают в неразрывном единстве, так как, с одной стороны, форма месторождения устанавливается в зависимости от качественного минимума (кондиций), определяющего контуры промышленных участков и тел полезного ископаемого, а с другой стороны, качество полезного ископаемого заключено в пределах некоторой формы тел, образующих месторождение, и вне ее рассматриваться в недрах не может.

Кроме чисто геологических данных о залегании тела полезного ископаемого, в процессе разведки необходимо выяснить и другие горнотехнические и экономические сведения, характеризующие условия, в которых находится изучаемое месторождение.

Несмотря на то, что в процессе разведки приходится решать сложный комплекс геологических, технических и экономических вопросов, "разведочное дело" базируется прежде всего на геологии. Всякое тело полезного ископаемого обладает большей или меньшей изменчивостью своих различных параметров, особенно качества и формы; изменчивость последней слабее проявляется в пластовых телах и резко сказывается в различного рода трубчатых телах, ветвящихся залежах, сложных жильных зонах и т. п. Еще более изменчиво качество полезного ископаемого, иногда резко различающееся в отдельных пунктах месторождения, особенно в рудных телах драгоценных и редких металлов. Вся современная методика и техника разведки исходит из необходимости учитывать эту изменчивость. Кроме того, изменчивы условия залегания тел полезных ископаемых, вмещающих пород, структуры и т. д.

Таким образом, в основе задач, стоящих перед разведкой, лежит необходимость эффективного изучения геологических закономерностей, предопределяющих форму, качество и условия залегания тел полезных ископаемых и изменчивость их основных свойств.

Одновременно с решением основных задач разведки – определения формы месторождения и качества полезного ископаемого – необходимо выяснить и другие важные условия, влияющие на оценку месторождения, и прежде всего следующие вопросы:

1. Глубину и элементы залегания всех частей месторождения. Выяснение этих вопросов должно производиться с достаточной степенью точности, так как данные о глубине и элементах залегания месторождения определяют выбор способа вскрытия и отработки месторождения.
2. Физические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород. Главными физическими свойствами полезного ископаемого и вмещающих пород, подлежащими учету при разведке любого полезного

ископаемого, являются: объемный вес, крепость, устойчивость, влагоемкость, кусковатость, коэффициент разрыхления, пыленосность, газоносность.

3. Гидрогеологические условия – обводненность месторождения и необходимую мощность водоотлива при будущей эксплуатации; ресурсы питьевой и технической воды.
4. Транспортные возможности - передвижение грузов на территории будущего предприятия (автодороги, железнодорожные ветки, подвесные канатные дороги и т.п.), связи с внешним миром (железнодорожные магистрали, водные артерии, авиалинии и т.п.).
5. Энергетические ресурсы и топливо. Напряженность энергетического баланса в районе и возможности расширения энергетической базы.
6. Местные строительные материалы и возможность их использования для промышленного и бытового строительства; крепежный лес.
7. Особенности экономического и бытового уклада населения района; экономический профиль района; смежные отрасли промышленности; рентабельность и направление сельского хозяйства района; возможности снабжения будущего предприятия за счет местных ресурсов.

Из изложенного видно, что в процессе разведки приходится вникать в разнообразные вопросы от чисто геологических до специальных горно-технических, технологических и экономических. Таким образом, разведка полезного ископаемого представляет собой сложный комплекс мероприятий, имеющих целью решение различного рода теоретических и практических задач.

Геологоразведочные работы представляют собой научно-производственный процесс. Выявление закономерностей размещения, условий залегания полезных ископаемых и их нахождения – задачи научного характера, но средством их решения является технический производственный процесс.

Для геологоразведочных работ характерны повышенный риск невозместимости вложенных средств, длительность полного производственного цикла, разнообразие взаимосвязанных видов основных и вспомогательных работ; указанные особенности приводят к нестабильности геологоразведочных работ, вызывают необходимость корректировки их направления, методики и технологии, требуют гибкой организации и оперативности проведения. Геологоразведочные работы относятся к трудоемким. Весьма значительны – стоимость основных фондов и численность занятых в них трудящихся.

2.1.2. ОБЩАЯ СТАДИЙНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Разведочные работы являются трудоемким и дорогостоящим процессом. Для их выполнения требуется большой объем как трудовых, так материальных и энергетических затрат, близких по структуре к затратам на горно-капитальные работы. Эти затраты должны быть увязаны с последовательным поступательным нарастанием разведочной информации до оптимальных объемов, обеспечивающей качество и достоверность. Вследствие этого, единый в методическом отношении разведочный процесс развивается по ступеням, именуемым стадиями.

Разведочная стадия объединяет комплекс геологоразведочных работ, проводимых на месторождении в целом или на его части с целью решения поставленных проектом задач по изучению геологических неоднородностей объекта, подсчету запасов и геолого-промышленной оценке (табл. 4).

Выделяются четыре стадии проведения геологоразведочных работ: поисковая, предварительная, детальная, включая доразведку, как промежуточный этап между III и IV стадиями, и эксплуатационная. В связи с необходимостью развития сырьевой базы большинства действующих горно-рудных предприятий, с целью продления срока их эксплуатации или увеличения производственной мощности, возрастает объем разведочных ра-

бот на месторождениях или отдельных их участках в пределах горных отводов. Повышаются требования к изученности структурных и других неоднородностей тел полезных ископаемых, комплексного состава руд, технологии их переработки, вопросам охраны окружающей среды для детально разведанных месторождений, планируемых к промышленному освоению в ближайшие годы. Это обусловило введение дополнительной стадии – доразведки разрабатываемого месторождения.

До 80-х годов XX столетия финансирование работ предварительной и детальной разведки, а также доразведки месторождений осуществлялось по отраслевому принципу за счет средств Госбюджета. Эксплуатационная разведка проводится и финансируется за счет основной деятельности предприятия.

2.1.3. ПОИСКОВАЯ РАЗВЕДКА

Поисковые работы проводятся, на площадях имеющих признаки промышленной металлоносности по прямым или косвенным геологическим предпосылкам. Сведения о выявленном месторождении основываются обычно на редкой сети выработок и аналогии с известными месторождениями, обладающими сходными стратиграфическими, литологическими и структурными особенностями. Детализировать на этой стадии вопросы о выдержанности разреза рудоносной толщи, о площадном распространении отдельных рудных тел и условиях их залегания, о количестве балансовых запасов и их размещении, о горнотехнических особенностях месторождения нецелесообразно. Результаты поисковых работ используются при рассмотрении перспектив развития отрасли, а также при планировании разведочных работ и составлении проектов предварительной разведки выявленных месторождений.

Из природных факторов, наиболее влияющих на поисковую разведку, следует выделить: орогидрографические особенности района работ,

мощность покровных отложений и наличие естественных обнажений, структурные особенности района, позволяющие использовать геофизические методы разведки. Поисково-разведочные выработки располагаются на участках наиболее благоприятных для вскрытия рудоносной толщи. Глубины скважин ограничиваются вскрытием верхних горизонтов рудоносной толщи. Расстояния между скважинами на разведочных профилях определяется необходимостью получения перекрытого разреза пород. Иногда ставятся локальные специфические задачи, например, выявить участки для открытой добычи или участки углей определенных технологических марок и т. д. По результатам этих работ уточняется или вновь составляется геологическая карта месторождения. На карту выносятся элементы залегания пород, выходы опорных маркирующих горизонтов и рудных тел. Выносятся разрывные нарушения и элементы складок. По литолого-стратиграфическому разрезу выделяется (для осадочных полезных ископаемых) наиболее перспективная по рудонасыщенности или качеству сырья площадь. Выделяются первоочередные участки для проведения дальнейших разведочных работ.

2.1.4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Предварительная разведка проводится с целью получения необходимых данных о выявленных рудных телах для достаточно надежной, технически обоснованной оценке месторождения. На стадии предварительной разведки в дополнение к исследованиям, проведенным при поисковой разведке, существенно уточняются данные о геологическом строении выявленных рудных тел или глубоких горизонтов разрабатываемого месторождения, проходятся канавы, шурфы или мелкие буровые скважины для прослеживания и вскрытия выходов полезных ископаемых под рыхлыми отложениями на всей рудоносной площади.

Основными разведочными выработками для данной стадии являются буровые скважины. На объектах со сложным геологическим строением проходятся подземные горные разведочные выработки. В некоторых случаях очень сложные по строению и/или составу месторождения ценного полезного ископаемого целесообразно разведывать в основном подземными горными выработками, например, месторождения ртути. В результате предварительной разведки должны быть выяснены – геологическая структура, формы и условия залегания рудных тел на флангах и глубоких горизонтах эксплуатируемого месторождения; выявлены новые тела полезного ископаемого и изучены их качественные показатели, необходимые для подсчета запасов по категориям C_1 и C_2 . По результатам предварительной разведки составляются ТЭО (технико-экономическое обоснование) и ТЭД (технико-экономический доклад). В них обосновывается целесообразность проведения на исследуемом объекте детальных геологоразведочных работ.

Составление этих материалов является завершением предварительной разведки. В них ориентировочно устанавливаются: способ вскрытия и система разработки, технические границы и возможная производственная мощность шахты, возможные потребители минерального сырья и основные требования к его качеству, примерные капитальные затраты на строи-

тельство шахты и ориентировочная себестоимость добычи тонны минерального сырья, кондиции для оперативного подсчета запасов. На основании ТЭД (ТЭО) устанавливается целесообразность промышленного освоения месторождения и его детальной разведки, сроки производства разведочных работ. ТЭДы имеют существенное значение для методики производства детальной разведки. Проектные решения - об очередности вскрытия и отработки отдельных блоков и рудных тел, местоположения стволов, разрезных траншей, участков первоочередной отработки, требования к изучению особенности качества минерального сырья и специфических, для разведываемого объекта, горно-геологических условий – используются, при составлении проекта детальной разведки, как основные критерии для выбора местоположения разведочных выработок, установления их глубины и целей проходки.

При оценке угольных месторождений результаты предварительной разведки должны создать достаточно надежную основу для: оценки выдержанности угольных пластов, степени тектонической сложности разведываемой площади, решения вопросов о целесообразности дальнейших разведочных работ, выбора методики детальной разведки.

С этой целью на завершающем этапе предварительной разведки обоснованность геологических построений, полученных по равномерной разведочной сети, должна быть проверена сгущением скважин на нескольких опорных профилях по простиранию и падению пород угленосной толщи. Для прослеживания под покровными отложениями угольных пластов используются геофизические методы, горно-разведочные выработки и мелкие скважины.

Предварительная разведка должна обеспечить - установление степени сложности геологического строения месторождения, выбор способа его вскрытия и разработки, выяснение масштабов возможной угледобычи и влияние гидрогеологических и горно-геологических условий на ведение

эксплуатационных работ. Особое внимание должно быть уделено специфическим особенностям изучаемого месторождения (качество угля, изменчивость морфологии пластов, степень их тектонической нарушенности и т.д.), которые могут сыграть роль определяющих факторов при решении вопроса о целесообразности промышленного освоения месторождения.

Разъяснение терминов, употребляемых в таблице 4.

Таблица 4

Стадии проведения геологоразведочных работ, их целевое назначение и объекты исследования (рудные месторождения)

Стадии геологоразведочных работ		Целевое назначение стадии	Масштаб исследования	Природные объекты исследования	Элементы неоднородности	Результат работ	Геологопромышленные уровни
Предварительная разведка		Получение достоверных данных для геологической, технологической и экономической оценки промышленного значения.	1:10000 - 1:1000	Продуктивная зона. Системы сближенных тел полезных ископаемых. Тело полезного ископаемого.	Система сближенных тел. Тело ископаемого. Морфологически обособленные участки.	Утверждение в установленном порядке временных кондиций. Подсчет запасов по категориям С ₁ и С ₂ . ТЭД о переходе детальной разведке.	Месторождение. Рудный участок. Рудное тело.
Детальная разведка		Получение всех необходимых данных, используемых при промышленном освоении месторождения.	1:0000 - 1:500	Продуктивная зона. Система сближенных тел. Тело полезного ископаемого.	Система сближенных тел. Тело ископаемого. Морфологически обособленные участки.	Составление ТЭО постоянных кондиций. Подсчет запасов с соблюдением, требований "Классификации запасов" и с утверждением их в установленном порядке в РКЗ.	Месторождение. Рудный участок. Рудное тело. Подсчетный блок.
Доразведка месторождения	<i>а) доразведка месторождения, неосвоенного промышленностью</i>	Подготовка к промышленному освоению резервного месторождения с его доизучением.	1:10000 - 1:200	Морфологически обособленный участок.	Локально обособленные участки.	Геологический отчет. При необходимости пересчет запасов с утверждением их в установленном порядке.	Подсчетный блок.

	<i>б) доразведка эксплуатируемо- го месторожде- ния</i>	Последовательное уточнение геологи- ческого строения и горно- геологических ус- ловий эксплуа- тации в процессе отработки место- рождения.	1:10000- 1:200	Морфологи- чески обособ- ленный уча- сток.	Локально обо- собленные уча- стки.	Годовой геологический отчет. Перевод запасов категории С ₁ и С ₂ в более высокие категории с со- блюдением соотношений установленных в "Класси- фикации запасов". Развед- ка для расширения сырье- вой базы предприятия.	Подсчетный блок.
Эксплуатационная разведка	<i>а) опережающая</i>	Получение досто- верных данных, обеспечивающих оперативное пла- ни-рование добычи и обогащения	1:10000 - 1:200	Тело полезно- го ископаемо- го. Морфоло- гически обо- собленный участок.	Морфологически обособленные участки. Ло- кально обособ- ленный участок.	Корректировка проходки горно-капитальных и гор- но-подготовительных вы- рабо-ток. Оперативный просчет вскрытых и подго- товленных к выемке запас- сов. Обеспечение текущего планирования добычи и обогащения полезного ис- копаемого.	Рудное тело. Под- счетный блок.
	<i>б) сопровождающая</i>	Получение досто- верных данных, обеспечивающих оперативное пла- ни-рование добычи и обогащения	1:200 - 1:100	Локально обособленный участок. Ми- неральное скопление.	Минеральные скопления.	Корректировка нарезных и очистных работ. Контроль за полнотой и качеством выемки недр. Оперативное планирование добычи и обогащения полезного ис- копаемого. Оперативный подсчет готовых к выемке запасов.	Эксплуатационный блок, уступ, объем селекции.

"Рудное тело" - понятие геолого-экономическое, это условно однородное скопление полезного ископаемого в пределах естественного (проведенного по геологическим границам) или искусственного (проведенного по бортовому содержанию) контура, удовлетворяющего условиям. "Морфологически обособленный участок тела полезного ископаемого" – природный объект геологического изучения, соответствующий геолого-промышленному уровню "подсчетный блок". Подсчетный блок должен быть геологически и технически однородным, находится в одинаковых горнотехнических условиях, и по размерам не превышать полугодовой объем добычи предприятия. Среднее содержание полезных компонентов для отнесения подсчетного блока к балансовым, должно быть не менее минимального промышленного.

На уровне подсчетного блока учитываются геолого-экономические особенности месторождения и горнотехнические условия его отработки. "Локально обособленный участок тела полезного ископаемого" выделяется при детализации морфологически обособленного участка. Геолого-промышленный уровень – эксплуатационный блок, контуры его зависят от горнотехнических условий эксплуатации. Среднее содержание полезного ископаемого в блоке может быть меньше минимального промышленного содержания, но больше бортового. Элементами неоднородности локального обособленного участка тела полезного ископаемого являются минеральные скопления. В процессе разведки изучается вещественный состав месторождения. Выделяются и подсчитываются отдельно запасы природных разновидностей и технологических типов и сортов руд, определяются их качество и технологические свойства, особенности распространения и т.д. При доразведке и эксплуатации месторождений уточняются и детализируются уже имеющиеся данные, а также изучается вещественный состав обнаруженных рудных тел. Технологические свойства руд определяются текстурно-структурными особенностями, обусловленными размером,

взаимоотношениями и пространственным расположением минеральных агрегатов. Для обогащения более благоприятны руды, имеющие резкие границы между минеральными агрегатами, а также руды крупно – и среднезернистой структуры.

Важнейшими физико-механическими свойствами руд и вмещающих пород являются: объемная масса, влажность, пористость, крепость, абразивность, магнитность и др. Полученные данные используются при оценке представительности и достоверности проведенных геологоразведочных работ, при обосновании рациональной методики доразведки и эксплуатационной разведки; технологически и экономически обоснованной оценки промышленного значения и решения вопроса об очередности их освоения. Она выполняется, как правило, в пределах естественных границ рудных тел, а в случае очень крупного объекта - в границах, установленных геологическим заданием.

2.1.5. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Детальная разведка осуществляется на рудных телах, их флангах и глубоких горизонтах месторождений, получивших по результатам предварительной разведки положительную оценку и намечаемых к промышленному освоению в ближайшие годы на основании схемы развития действующего горно-обогатительного комплекса.

Детальная разведка указанных объектов проводится в целях оценки запасов, качественных и технологических характеристик, изучения горно-технических и гидрогеологических условий разработки, получения данных, необходимых для оценки подготовленности запасов к промышленному освоению и разработки проекта отработки запасов.

Разведочные выработки проходятся в соответствии с системой, принятой при предварительной разведке, но по более густой сети с расчетом перевода запасов полезного ископаемого в более высокие категории. Места заложения и направления разведочных горных выработок выбираются с учетом того, что часть подземных выработок может быть использована при эксплуатации.

Плотность разведочной сети и количество разведочных пересечений должны обеспечивать получение надежных данных об основных горно-геологических особенностях изучаемых объектов. При детальной разведке весьма широко используются геофизические методы. Полученные результаты позволяют разрезать сеть разведочных выработок и буровых скважин и дают надежные сведения о контурах тел полезного ископаемого, его качестве.

Природные факторы и горнотехнические условия ведения эксплуатационных работ изучаются с детальностью, обеспечивающей получение всех исходных данных, необходимых для составления технического проекта разработки разведанных объектов. Вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого должны изучаться с детально-

стью, обеспечивающей получение материалов, необходимых для разработки проекта рудника (шахты), карьера и проекта технологической схемы переработки с учетом комплексного использования минерального сырья. Гидрогеологические исследования проводятся для выяснения режимов притоков подземных вод в горные выработки и разработки мероприятий по борьбе с водопритоками в горные выработки.

Месторождения полезных ископаемых, характеризующиеся высокой степенью сложности геологического строения (месторождения золота, других благородных металлов, некоторые полиметаллические месторождения) следует разведывать только с помощью горных работ, так как, даже при сгущении сети буровых скважин до 100х100 м и до 50х50 м применение их для подсчета запасов неприемлемо.

Материалы, полученные в результате детальной разведки, являются основой для подсчета запасов по категориям А и В, а на месторождениях сложного геологического строения запасов по категории С₁.

2.1.6. РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНЫХ ОТВОДОВ РУДНИКОВ, ШАХТ И КАРЬЕРОВ

Этот этап геологоразведочных работ состоит из двух стадий: доразведки и эксплуатационной разведки.

Доразведка месторождений

Доразведка на месторождениях, переданных для промышленного освоения горнодобывающим предприятиям или разрабатываемых уже длительное время, проводится с целью прироста запасов и повышения геологической изученности объектов. Она обеспечивает проектирование и планирование добычных работ, наиболее эффективное извлечение минерального сырья из недр, уменьшение потерь полезного ископаемого, комплексную переработку руд и охрану окружающей среды.

Значительный прирост запасов обычно осуществляется за счет открытия и разведки новых объектов и доразведки флангов и глубоких горизонтов разрабатываемых рудных тел.

Открытие и разведка новых объектов для предприятий, разрабатывающих длительное время какое-либо месторождение, имеют весьма важное значение, поскольку позволяют продлить срок работы действующих рудников, шахт и карьеров и соответственно улучшить обеспеченность местным сырьем перерабатывающую промышленность экономического района.

Кроме того, доразведка разрабатываемых месторождений проводится для уточнения ряда параметров, которые не были исследованы с достаточной полнотой в период проведения разведочных работ и рекомендованы ГКЗ для изучения. К таким параметрам относятся гидрогеологические, инженерно-геологические условия разработки месторождения или отдельных рудных тел, а также возможность комплексного использования полезных ископаемых. Иногда разведка вызывается необходимостью пересмотра кондиций, в связи с резким изменением горно-геологических условий разработки, технологических свойств полезного ископаемого, или в связи с внедрением высокопроизводительной самоходной техники - например, горных комбайнов и горнотранспортных комплексов.

Разрабатываемое месторождение доразведывается с детальностью, позволяющей перевести запасы категории C_2 в категорию C_1 и одновременно получить запасы категорий А и В в соотношениях, обеспечивающих нормальное развитие горнодобычных работ.

Важна увязка систем разведки и разработки месторождений при разведке. Причем в особых случаях допускается совмещать проведение детальной разведки (доразведки) с вскрытием и подготовкой месторождения к эксплуатации. При этом необходимо задавать и проходить горные выработки в соответствии с проектами разработки месторождения, соблюдать

сечения, уклоны и кривизну с тем, чтобы в дальнейшем они могли быть использованы при отработке объекта.

Использование горных выработок технологического назначения для доразведки месторождения - явление обычное. В них оборудуются камеры для установки буровых станков. Причем достоверность геологической информации, полученной из скважин подземного бурения, обычно выше, чем из скважин, пробуренных с поверхности. Это определяется тем, что скважины при доразведке бурятся чаще, а их искривления меньше, за счет чего резко возрастает точность построения геологических разрезов.

Эксплуатационная разведка

Эксплуатационная разведка является неотъемлемой и наиболее важной стадией геологоразведочных работ в период отработки месторождения. К эксплуатационной разведке относятся геологоразведочные работы, проводимые на действующих карьерах и рудниках в пределах контура утвержденных запасов, с целью обеспечения нормального хода горноподготовительных, нарезных и добычных работ и решения вопросов наиболее эффективной отработки рудных тел.

Необходимость эксплуатационной разведки обусловлена сложностью строения тел полезных ископаемых и их локальных участков, которые не могут быть выявлены (или их выявление было бы нецелесообразно) на стадиях детальной разведки и доразведки.

Основные задачи эксплуатационной разведки таковы: 1) уточнение условий залегания, размеров и формы рудных тел, их внутреннего строения в пределах рабочего или подготавливаемого к отработке этажа или горизонта; 2) уточнение качества руд, распределения полезных компонентов и вредных примесей, детализация пространственного распределения и соотношения различных типов и сортов руд; 3) оконтуривание безрудных блоков внутри рудных тел и прослеживание контактов кондиционной руды с вмещающими породами; 4) уточнение гидрогеологических, инженер-

но-геологических и других условий эксплуатации, выявление и прослеживание тектонических зон, участков опасных по воде, газу и др.

Следующие особенности эксплуатационной разведки, отличающие ее от других стадий:

- 1) она осуществляется не на всем месторождении, а по мере развития добычных работ, опережая их обычно на один-два года;
- 2) задачи, последовательность проведения, пространственная приуроченность и допустимые пределы опережения фронта очистных работ приводят к тому, что разведочные выработки и скважины часто не пересекают рудное тело на всю мощность, в ряде случаев скважины и выработки задаются для решения частной задачи, например, для установления контакта висячего или лежащего бока, амплитуды смещения, прослеживания тектонически ослабленных зон и др.;
- 3) система эксплуатационной разведки и плотность разведочной сети зависят не только от природных геологических факторов, но также и от применяемых систем разработки.

Большое влияние на методику эксплуатационной разведки оказывает также система разведки, применявшаяся на предыдущих стадиях. Эксплуатационная разведка, несмотря на специфические особенности, в значительной мере наследует систему детальной разведки или приспосабливается к ней. Часто разведочная сеть только сгущается вдвое или вчетверо. В процессе проведения эксплуатационной разведки четко наметилась необходимость ее подразделения на две подстадии.

Опережающая эксплуатационная разведка осуществляется в пределах эксплуатационного этажа (участка), группы блоков, подготавливаемых к очистным работам при подземном способе разработки месторождения, основная ее цель - уточнение контуров рудных тел и установление других параметров с детальностью, обеспечивающей составление локальных проектов отработки и перспективное планирование подготовительных и на-

резных выработок.

Сопровождающая эксплуатационная разведка проводится в отрабатываемых блоках и заключается в геологической и геофизической документации и опробовании нарезных и очистных выработок, опробовании скважин и шпуров, буримых для отбойки руды. Данные эксплуатационного опробования используются для корректировки добычных работ, управления процессом добычи, составления оптимальной шихты, повседневного контроля за полнотой и качеством отработки запасов, а также для определения и учета фактических потерь и разубоживания.

В горнопромышленной геологии выделяются понятия "разведочная сеть", "густота разведочной сети", "параметры разведочной сети" "плотность разведочной сети".

Разведочная сеть определяет взаиморасположение выработок при проведении геологоразведочных работ. Она включает в себе два параметра: расстояние между разведочными линиями и расстояние между выработками в линии ("шаг" выработок).

На выбор разведочной сети влияет большее количество геологических факторов, из которых наиболее важными являются размеры и элементы залегания тел полезных ископаемых, вид минерального сырья, сложность геологического строения месторождения.

Под термином плотность разведочной сети подразумевается либо среднее расстояние между разведочными пересечениями, либо средняя площадь в квадратных метрах, приходящаяся на одну секущую выработку (скважину). При выборе плотности разведочной сети широко используется метод аналогии, так как сеть выбирается по аналогии с другими уже разведанными или освоенными месторождениями или участками данного промышленного типа. Эта плотность соответственно повышается при детализации и оценке запасов категорий А, В, С₁, С₂.

На стадии доразведки и эксплуатационной доразведки плотность се-

ти принимается по аналогии с отработанными участками или рудными телами данного конкретного месторождения. Ниже в табличной форме (таблицы 5 -7) приводятся отдельные примеры густоты разведочной сети.

Таблица 5

Плотность разведочной сети при разведке месторождений Кузнецкого угольного бассейна

Тип месторождения		Расстояние между разведочными линиями, м			Примеры
Тектоника	Выдержанность пластов	Кат. А	Кат. В	Кат. С ₁	
Простая	Выдержанные (группа 1)	400-700	600-900	800-1500	Шахта "Зыряновская"
	Относительно выдержанные (группы 1, 2)	300-500	500-700	700-1000	Шахта "Ильинская"
Усложненная	Выдержанные (группы 1, 2)	300-500	500-700	700-1000	Шахта "Байдаевская"
	Относительно выдержанные (группы 2, 3)	250-400	400-600	500-800	Шахта "Дальние горы"
Сложная	Выдержанные (группы 2, 3)	200-300	300-500	400-700	Шахта "Коксовая"
	Относительно выдержанные (группы 2, 3)	-	200-300	300-600	Шахта им. "Дзержинского"
Весьма сложная	Выдержанные и относительно выдержанные (группа)	-	150-300	150-300	Шахта "Тырганская"

Таблица 6

Плотность разведочной сети при разведке рудных месторождений до категории В (на различных стадиях)

Месторождение	Группа сложности геологического строения	Параметры сети, м	
		Детальная разведка	Доразведка
Миргалимсай	I	80x60	50-60x50-60
Чайское	II	50x25-50	50x40-50
Сибайское	II	50x50	50x30-50
Урупское	II	50x50	25x25-35
Левихинское	III	50x50-25	25x15-30
Джезказган	I	150x150	Нет данных

Таблица 7

Плотность разведочной сети при эксплуатационной разведке рудных месторождений

Месторождение	Группа	Морфология рудных тел	Способ отработки	Параметры сети, м
Миргалимсай	I	Пластовые и пластообразные тела	Подземный	20-30 x 20-30
Гайское	II	Пласто и линзообразные залежи	Открытый	20-40 x 20-40
Сибайское	III	Изометричные, иногда штопообразные	Открытый	15-25 x 25-50
Тишинское	IV	Линзообразные залежи	Открытый	8 x 8
Сокольское	V	Ленточные залежи	Подземный	12,5 x 12,5

Наименьшая густота разведочной сети характерна для стадии предварительной разведки. На этой стадии объектом оценки является вся продуктивная зона или залежь в целом, поэтому разведочные линии имеют большую протяженность, а расстояния между скважинами на линии, наибольшие.

На стадии детальной разведки разведочная сеть сгущается последо-

вательно в 2, 4 раза с целью достижения густоты сети, отвечающей требованиям получения запасов промышленных категорий. На стадиях доразведки и эксплуатационной разведки производится дальнейшее сгущение разведочной сети. Однако данные эксплуатации часто вызывают корректировку плотности сети. Особенно часто такая корректировка необходима для месторождений сложного геологического строения. Отнесение к группировке запасов производится, исходя из особенностей геологического строения и изменчивости свойств оруденения. В соответствии с этим определяют категории разведкуемых запасов и их соотношения для данной стадии геологоразведочных работ. В связи с тем, что разведочная сеть определяет разведанность запасов, выбор оптимальных ее параметров одна из наиболее важных задач разведки. Анализ плотности разведочной сети производится по наиболее изменчивому геологическому признаку, например, при разведке золоторудных месторождений наибольшая изменчивость содержаний золота (табл. 8), а при разведке угольных месторождений мощность и выдержанность угольных пластов.

Таблица 8

Параметры разведочных сетей при детальной разведке золоторудных месторождений различных морфологических типов

Морфологический тип и мощность рудных тел	Группа по классификации запасов	Категория В		КатегорияС ₁	
		Расстояние между выработками, м			
		По простиранию	По падению	По простиранию	По падению
Жильные зоны и дайки. Мощность свыше 3 м (обычно до 10-15м)	II	-	-	60-80	40-60
	III	-	-	40-60	40-60
Минерализованные зоны. Мощ-	II	-	-	60-80	40-60

Морфологический тип и мощность рудных тел	Группа по классификации запасов	Категория В		КатегорияС ₁	
		Расстояние между выработками, м			
		По простиранию	По падению	По простиранию	По падению
мощность обычно более 10м (до 50м и более)	III	-	-	40-60	40-60

Продолжение таблицы 8

Штокверки. Мощность большая	II	-	-	60-80	40-60
	III	-	-	40-60	40-60
Линзовидная или изометрическая	II	(30 х 60)-(40 х 80)	Непрерывно на всю мощность	(60 х 120)-(80 х 160)	Непрерывно на всю мощность
	III	-	-	(30 х 60)-(40 х 80)	Непрерывно на всю мощность

2.1.7. МЕТОДИКА РАЗВЕДКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА.

На методику разведки угольных месторождений оказывают влияние рельеф, степень обнаженности, мощность угленосной толщи, количество, глубина и условия залегания пластов. Полузакрытые и закрытые районы бассейна детально разведываются преимущественно до горизонта - 300 м. Глубина детальной разведки палеозойских углей под юрскими отложениями и глубоких горизонтов действующих шахт достигает 1000 - 1200 м.

Выработки детальной разведки разделяются на три группы. Первую составляют скважины опорных профилей, получаемых обычно путем де-

тализации линии предварительной разведки. Ко второй группе относятся скважины основных линий разведочной сети. Отчасти они заложены в стадию предварительной разведки, но, главным образом, новые. Третью группу составляют скважины и горные выработки вне основной сети. Они предназначены для уточнения деталей, не выявленных основной сетью, прослеживания выходов угольных пластов, тектонических разрывов, оконтуривания кондиционных участков и других выработок. Расположение таких выработок определяется в основном в процессе ее разведки с учетом данных наземных геофизических исследований.

В Кузбассе чаще применяют разведку параллельными профилями, ориентированными вкрест господствующего простирания тектонических структур. Реже пользуются прямоугольной или ромбической сетью. (Ерунаковская, Талдинская синклинали).

Расстояния между линиями основной сети принимаются в соответствии с типом месторождения, опытом разведки и эксплуатации. Расстояния между скважинами в линиях определяются с таким расчетом, чтобы получить не менее двух подсечений пласта и перекрытый разрез до разведываемого горизонта. По соседним линиям разрезы должны хорошо сопоставляться. В промежутках между линиями каждый рабочий пласт (в крайнем случае, один из группы сближенных) должен быть подсечен скважиной или горной выработкой вблизи его выхода под "наносы" через 100 - 150 м по простиранию. Если участок четко делится на части с различным тектоническим строением и угленосностью, форма и плотность разведочной сети дифференцируется применительно к особенностям этих частей или пластов.

2.1.7.1. Предварительная разведка

Цель предварительной разведки – оценка промышленного значения месторождения и получение материалов для составления ТЭДа, временных кондиций и проекта детальной разведки.

Геологические задачи предварительной разведки вытекают из требований к содержанию ТЭДа. Для определения технической целесообразности и экономической эффективности строительства угольного предприятия в ТЭДе прорабатываются в укрупненном виде те же вопросы, что и в техническом проекте строительства предприятий. При этом намечаются границы шахтного поля (или полей), ожидаемые промышленные запасы угля (за вычетом проектных потерь из балансовых запасов категории А, В и C_1 в пластах, принятых к разработке); производственная мощность шахты; местонахождение и тип стволов (вертикальный или наклонный); высота эксплуатационных этажей; ориентировочные объемы и календарный план развития горных работ для освоения шахтой проектной мощности; система разработки и механизация горных работ; система водоотлива и проветривания шахты.

В выводах ТЭДа о целесообразности промышленного освоения месторождения учитываются потребность в углях данного типа и срока освоения по перспективным планам развития угольной промышленности.

Предварительная разведка изучает специфические особенности геологического строения, угленосность, качество углей или условий эксплуатации, которые имеют решающее значение для технико-экономической оценки. Так, для месторождений полеозойских углей, залегающих под триасовыми и юрскими отложениями, большое значение имеют глубина залегания, физико-механические свойства и обводненность покровных мезозойских пород. В районах распространения интрузий (Томь-Усинский район) существенное значение приобретает ширина зоны контактного метаморфизма и градиенты изменения свойств углей.

Материалы предварительной разведки должны обеспечивать возможность подсчета запасов угля по категориям C_1 и В, в количестве и соотношениях, обеспечивающих промышленную оценку месторождения и составление ТЭДа. На глубоких горизонтах и флангах месторождения за-

пасы могут быть подсчитаны по категории C_2 и, частично, как прогнозные.

Методика предварительной разведки определяется в основном следующими факторами: а) характером и степенью сложности тектоники; б) выдержанностью пластов угля и стратиграфического разреза угленосной толщи; в) мощностью образований, перекрывающих угленосную толщу. Характер и степень сложности тектонического строения являются ведущими факторами при выборе ориентировки и густоты разведочной сети. По результатам предшествующих поисковых работ обычно устанавливаются лишь крупные складки и разрывы, определяющие положение и ориентировку главных разведочных разрезов, закладываемых в стадию предварительной разведки. Заключение о вероятности проявления средних и мелких структурных форм, от которых в основном зависят расстояния между разведочными линиями и скважинами, в период проектирования предварительной разведки дается, главным образом, по аналогии с разведанными и эксплуатируемыми месторождениями.

Разведочная сеть для изучения угленосности выбирается по аналогии с разведанными и эксплуатируемыми месторождениями, в которых распространены пласты, принадлежащие данной свите или близкие им по морфологическим особенностям, она состоит из двух-четырех опорных линий, основных линий, промежуточных коротких линий, отдельных скважин и горных выработок. Сеть должна с максимальной полнотой использовать выработки поисковой разведки. В большинстве случаев целесообразна детализация линий и сгущение сети путем заложения промежуточных параллельных линий.

При выборе рациональной формы и ориентировки разведочной сети решающее значение имеют морфологические типы и пространственная ориентировка складок и разрывов, установленные по данным поисков. В моноклиналях, в крыльях складок, характеризующихся относительно выдержанным простираанием, в сильно дислоцированных зонах влияния

крупноамплитудных разрывов применяют в основном системы параллельных разведочных линий вкрест господствующего простирания пород.

На участках, с преобладанием пологих складок или сложным сочетанием складчато-разрывных структур при сравнительно пологих углах падения пород целесообразно применение: квадратной, ромбической или прямоугольной форм сети разведочных линий.

В большинстве объектов предварительной разведки рекомендуется следующая очередность развития сети: 1) опорные линии; 2) линии основной сети; 3) короткие линии и одиночные выработки дополнительного сгущения.

Опорные линии рекомендуются для всех месторождений независимо от кажущейся простоты их геологического строения. С помощью опорных линий изучаются: характер и степень изменчивости мощности, строения и основных показателей качества пластов угля (за исключением невыдержанных пластов); положение, тип и амплитуда крупных и средних складок, разрывных нарушений; наличие или отсутствие мелких тектонических форм и закономерности их проявления.

Опорные линии располагают так, чтобы более или менее равномерно осветить разведкуемую площадь и в то же время пересечь участки, зоны, интервалы разреза, обладающие различным тектоническим строением, угленосностью или другими важными особенностями. Ориентировочные расстояния между профилями составляют от 1,5 - 2 км (при сложной и весьма сложной тектонике) до 3 км (при простой и усложненной тектонике). Расстояния между скважинами в опорном профиле зависят, главным образом, от углов падения пластов, размеров, форм и частоты проявления крупных и средних складок и разрывов, глубины и угла наклона скважин. На крутопадающих пластах скважины следует бурить через 100 – 200 м, а на пологих - через 200 - 300 м - чтобы получить 2 - 3 подсечения пласта в каждом крупном и среднем тектоническом блоке или в крыле складки, до

глубины минус 300 м. При разведке до глубины 800 - 1200 м, вследствие искривления скважин, бурить их чаще, чем через 300 м, нецелесообразно. Рекомендуемые расстояния между линиями основной сети на предварительной стадии разведки указаны в таблице 9. Нужно своевременно уточнять расстояния между линиями по мере получения новых материалов. Главным критерием для определения расстояний между линиями является взаимная их увязка в части синонимии рабочих пластов, а также в построениях крупных и частично средних складок и дизъюнктивов (рис. 1).

Таблица 9

Рекомендуемая разведочная сеть при предварительной разведке угольных месторождений Кузнецкого бассейна

Типы месторождений		Расстояния между разведочными линиями, м,
Тектоника	Выдержанность пластов	
Простая	Выдержанные	1200
	Относительно выдержанные	800
Усложненная	Выдержанные	1000
	Относительно выдержанные	600
Сложная	Выдержанные	800
	Относительно выдержанные	400
Весьма сложная	Выдержанные и относительно выдержанные	400

Примечание к таблице 9. Расстояние между разведочными линиями могут колебаться в пределах 25%, в зависимости от геологических особенностей участка.

Для выявления закономерностей распространения тектонических форм, кроме опорных линий следует пройти короткие сгущенные профили или группы скважин, горные выработки на отдельных фрагментах площади.

2.1.7.2. Детальная разведка

Эта стадия завершает исследования, предшествующие передаче месторождения в промышленное освоение. Результаты ее служат геологической основой для технического проекта и строительства шахт и разрезов. Объектами детальной разведки являются месторождения, участки, пласты угля, получившие положительную оценку в ТЭДе.

Детальной разведкой уточняются все параметры состава отложений и геологического строения участка, угленосности, качества и запасов углей, а также условий разработки. По основным разведочным линиям детализируется геологический разрез продуктивной толщи, а также пород, перекрывающих угленосные отложения. Уточняется характер контактов и взаимоотношения упомянутых толщ, определяются опорные горизонты на основе которых осуществляется увязка разрезов и оценивается степень их выдержанности.

Детально разведываются ранее выявленные формы тектоники до степени, обеспечивающей построение крупных и средних складок и разрывных нарушений. Выявляются закономерности распространения и возможные формы мелких складок и дизъюнктивов. Уточняется количество угольных пластов, их положение в разрезе, отличительные признаки и особенности. Для рабочих пластов определяются среднее значение мощности, пределы ее изменений, группа выдержанности, а также закономерности изменения мощности и строения. По выдержанным, относительно выдержанным и частично невыдержанным пластам определяются границы распространения рабочей мощности, зоны размывов, фациального замещения, выклинивания, выгорания угля, расщепления пластов на самостоятельные пачки и т. д. В рабочих пластах уточняется петрографический состав, текстурные особенности, закономерности метаморфизма углей, средние значения, пределы и закономерности изменения зольности пласта. Оконтуриваются участки с зольностью, удовлетворяющей кондициям. Для

пластов сложного строения определяется зольность угольных пачек и пласта в целом, с учетом засорения от прослоев. Детально изучается обогатимость каждого рабочего пласта.

Определяются технологические марки углей и их границы для каждого пласта. Устанавливаются границы зоны контактового метаморфизма технологических марок (групп) и измененных разностей, глубина распространения и марки окисленных и негодных углей. Горно-геологические и гидрогеологические условия, а также газоносность изучаются в соответствии с требованиями промышленности.

Изученность месторождений, особенно участков его первоочередного освоения, должна гарантировать подсчет запасов по категориям А, В, С₁ в требуемых соотношениях (табл. 10.). Уточняются также запасы по категориям С₁ и С₂, выявленные в предыдущие стадии разведки, в глубоких горизонтах и на флангах.

Участки первоочередной отработки выделяются по опыту эксплуатации аналогичных месторождений и материала ТЭДа (ТЭО).

Таблица 10

Рекомендуемая разведочная сеть и предельная достоверность детальной разведки

Типы месторождений		Расстояние между разведочными линиями, м	Соотношение категорий запасов, %	
			А+В	А
Тектоника	Выдержанность		А+В+С ₁	А+В+С ₁
Простая	Выдержанные, относительно выдержанные	600	Не менее 50	Не менее 30
		400	Не менее 50	Не менее 20
Усложненная	Выдержанные, относительно выдержанные	500	Не менее 40	-
		300	Не менее 30	-
Сложная	Выдержанные, относительно выдержанные	400	Не менее 30	-
		200	Не менее 20	-

Весьма сложная	Выдержанные и относительно выдержанные	200	Не устанавливаются
----------------	--	-----	--------------------

Примечание. Расстояния между линиями могут колебаться в пределах 25%, в зависимости от геологических особенностей участка и требований промышленности. Особенно важное значение имеет детальная разведка глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений. Целесообразность детальной разведки действующих шахт обосновывается специальным ТЭДом. Разведочными работами уточняются - геологическое строение, угленосность, качество угля с учетом данных горных работ на выше-лежащих горизонтах. Особое внимание уделяется горно-геологическим условиям эксплуатации: физико-механическим свойствам и устойчивости пород в горных выработках, газоносности, геотермическим, гидрогеологическим и другим условиям. Нужно учитывать, что скважины приходится бурить через отработанные пространства. В этих условиях возможны большие искривления стволов, сдвиги пород.

Плотность сети при разведке глубоких горизонтов определяется степенью сложности тектоники, выдержанностью пластов угля и объемом горных работ на верхних горизонтах (рис. 2). При простой и усложненной тектонике, с преобладанием выдержанных пластов, детальная разведка глубоких горизонтов может быть реже, чем на верхних горизонтах.

2.1.7.3. Эксплуатационная разведка

Основными задачами эксплуатационной разведки являются: выяснение несоответствий между разведочными и эксплуатационными данными, предельное уточнение условий залегания и морфологии угольных пластов, документация подготовительных и очистных выработок, обобщение геологической информации и пересчет запасов.

Эксплуатационная разведка позволяет выбрать наиболее эффективные методы отработки запасов, предусмотреть неблагоприятные факторы

и подготовить материалы для обеспечения безопасных условий работ. Разведка выполняется наземным, подземным бурением и горными выработками. Выбор средств определяется способом отработки пластов, глубиной действующего горизонта, состоянием поверхности шахтного поля, характером задач. Бурение с поверхности применяется в основном при небольших глубинах эксплуатационных горизонтов. В сложно горно-геологических условиях целесообразно, а иногда необходимо, сочетать бурение с поверхности с подземными скважинами и горными выработками. На нижних горизонтах применяется подземное бурение.

При изучении деталей тектоники выемочного участка одной из главных задач является выявление и разведка мелкоамплитудных разрывов перед фронтом очистных забоев, выявление и оконтуривание мало нарушенных блоков. На простых и усложненных месторождениях это не требует больших работ. Прогноз нарушенности дается на основе материалов эксплуатации и по аналогии с соседними участками, изученными по горно-эксплуатационным выработкам. Документация выработок должна отвечать требованиям инструкции. Бурение (с поверхности или подземное) применяется для уточнения разрывов и складок с амплитудами, как правило, больше 10 - 15 м. Скважины в основном закладываются по направлениям будущих подготовительных выработок, чтобы обеспечить построение геологических разрезов. Расстояния между скважинами выбираются в зависимости от изменчивости или выдержанности углов падения пластов и намечаемого положения подготовительных выработок относительно пласта: для идущих по простиранию - через 50 -100 м, вкрест простирания - через 30 – 50м.

При изучении форм тектоники на нижних эксплуатационных горизонтах (более 200 м) широкое распространение получило бурение подземных скважин по оси и вкрест направления вскрывающих, подготовительных и разведочных выработок. При вскрытии разрывного нарушения с ам-

плитудой, превышающей размеры выработки, нужно по возможности пересечь зоны нарушенных пород, определить положение смещенных крыльев, тип, амплитуду и ориентировку сместителя.

Изучение морфологии угольных пластов уточняются скважинами и разведочными подготовительными горными выработками. На верхних горизонтах бурятся короткие профили скважин с поверхности через 100 - 150 м вкрест простирания пласта. В большинстве случаев такая методика удовлетворяет требованиям эксплуатации, но не всегда выявляет размывы, резкие колебания мощности и небольшие включения пустых пород. Опыт показывает, что мелкие размывы и линзообразные породные включения можно выявить только горно-разведочными выработками. Целесообразность разработки пластов с высокой концентрацией "колчеданов" можно определить, главным образом, лишь в процессе эксплуатации (Байдаевский и Осиновский районы). Для уточнения морфологических особенностей сближенных пластов эффективны подземные скважины.

Уточнение выходов угольных пластов под наносы проводится, в основном, путем заложения шурфов, уклонов и других горных выработок, проводимых с поверхности. В случае, когда выходы пластов перекрыты юрскими отложениями (Осиновский район), разведка их возможна только в процессе проходки опережающих горных выработок и бурения из них восстающих или горизонтальных опережающих скважин.

Уточнение инженерных и гидрогеологических условий заключается в определении:

- обводненности покровных четвертичных и юрских отложений над выходом пласта;
- участков скопления глины и способов предупреждения их катастрофических прорывов в горные выработки.

Эксплуатационная разведка также выявляет:

- границы затопленных выработок и скопившиеся в них запасы воды;

- обводненные зоны тектонических разрывов, замочных частей складок и плавучих;
- обводненные системы трещин;
- условия отработки угольных пластов вблизи целиков под поймами и руслами рек, границы охранного целика.

Кроме того, проводится уточнение газоносности угольных пластов на основе газовых съемок в подготовительных и разведочных горных выработках, а также уточнение физико-механических свойств и устойчивости вмещающих пород.

Обобщение материалов эксплуатационной разведки производится следующим образом. Выработки документируются по установленным инструкциями формам, а места зарисовок, описаний, опробования привязываются к маркшейдерским точкам. Полученными данными систематически пополняются и корректируются графические материалы, и на основании этих данных переоцениваются и вводятся в ежегодный баланс запасы углей.

2.2. ЦЕЛИ И ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ. СИСТЕМЫ РАЗВЕДКИ.

2.2.1. ЦЕЛИ И ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Целью геологоразведочных работ является выявление промышленных месторождений полезных ископаемых, получение сведений о разведанных в недрах запасах минерального сырья, а также других данных, необходимых и достаточных для рационального проектирования и последующего функционирования горнодобывающих и перерабатывающих предприятий. Этой цели на каждом этапе экономического и социального развития отвечают общие задачи.

Единый методологический подход выработан по результатам разведки и эксплуатации разнотипных месторождений. Важными являются вопросы детальности изучения месторождения, плотности разведочной сети, выбора первоочередных, наиболее рудоперспективных участков или рудных тел, глубины их разведки, оценки изменчивости основных параметров. Решение этих вопросов осуществляется в процессе разведочных работ по методике, основанной на положениях, получивших название принципов разведки.

Несмотря на большое разнообразие месторождений полезных ископаемых, в основу разведки любого месторождения могут быть положены одни и те же принципы, поскольку геологоразведочный процесс осуществляется на определенном уровне развития производительных сил и имеет, в конечном счете, одну и ту же задачу: выявление в недрах промышленных запасов различных полезных ископаемых.

Основными положениями разведки являются:

- 1) принцип полноты исследований (включая принцип геологического прогноза и его проверки);
- 2) принцип последовательных приближений;
- 3) принцип равной достоверности (равномерности);

4) принцип наименьших затрат средств и времени.

Принцип полноты исследований играет важную роль в обеспечении необходимой информацией для подсчета запасов, составления кондиций, проектирования предприятий по добыче и переработке минерального сырья. Соблюдение этого принципа позволяет получить сведения о размерах и контурах всего месторождения, в особенности о распространении оруденения на глубину, его отдельных рудных тел, горногеологических, гидрогеологических и других природных условиях их залегания, промышленных сортах и типах руд, их комплексном и фазовом составе, закономерности распространения в них ценных компонентов. Степень полноты исследований зависит от детальности работ. Принимая во внимание дискретность строения тел полезных ископаемых, повышение детальности исследований следует считать целесообразным до тех пор, пока прирост информации может обеспечить при эксплуатации возмещение затрат на ее получение.

Этот принцип предъявляет ряд требований к технике и методике геологоразведочных работ:

1. полное оконтуривание всего месторождения и, если в его состав входит несколько тел, оконтуривание всех тел полезных ископаемых;
2. полное пересечение разведочными выработками тела полезного ископаемого или продуктивной зоны;
3. всестороннее изучение качественных показателей полезного ископаемого и всех сопутствующих ему минеральных скоплений;
4. комплексное изучение месторождения.

Первое требование принципа полноты исследований вытекает из необходимости оценки в полной мере всех возможных перспектив месторождения. Надежность и точность определения границ месторождения или отдельных тел полезных ископаемых определяется, исходя из их масшта-

бов и детальности разведки, и с учетом сроков последующей отработки. Однако, общие контуры месторождения или поля полезных ископаемых должны быть хотя бы приближенно установлены на самых начальных этапах разведки. При разведке особо крупных месторождений оконтуривание производится по частям, а общие контуры поля распространения полезного ископаемого определяются с привлечением геофизических методов и геолого-структурного картирования.

Обязательно выполнение второго требования принципа полноты исследований – полное пересечение тела полезного ископаемого. Только при полном, от контакта до контакта, пересечении тела полезного ископаемого можно установить его мощность, условия залегания, распределение минеральных сортов и промышленных типов полезного ископаемого и определить количество полезного ископаемого и полезных компонентов.

Необходимость третьего требования – всестороннего изучения качества основного полезного ископаемого и всех сопутствующих – обосновывается, прежде всего, тем, что в природе практически нет мономинеральных руд. Большинство месторождений черных и цветных металлов содержат несколько полезных компонентов, в том числе редкие и рассеянные элементы. Например, уголь нередко содержит в промышленных концентрациях ценнейшие компоненты: ванадий, уран, германий и другие. Кроме того, вблизи тела основного полезного ископаемого или совместно с ним иногда располагаются обособленные скопления другого полезного ископаемого (уголь и огнеупорные глины, уголь и железные руды, железные руды и боксит, полиметаллы и флюорит, полиметаллы и барит и т.п.). Причем, часто бывает так, что эти полезные ископаемые самостоятельного промышленного значения не имеют, но их разработка попутно с основным полезным ископаемым существенно улучшает экономические показатели горнодобывающего предприятия.

Четвертое требование – комплексность изучения – вытекает из общих задач разведки. Оно означает, что в процессе проведения геологоразведочных работ должны изучаться не только показатели, характеризующие количество и качество полезного ископаемого, но и все другие геологические и горнотехнические условия, т.е. применяемые технические средства должны обеспечивать возможность проведения также и гидрогеологических, и инженерно-геологических исследований и испытаний.

Совершенно необходимо комплексное использование самих выработок (например, для откачки воды, установления физических свойств руд и вмещающих пород, исследования пород как стройматериалов и т.д.).

В заключение необходимо отметить, что принцип полноты исследований не является абсолютным, т.е. он не требует полного и детального изучения всего месторождения сразу. Этот принцип должен соблюдаться в соответствии с уровнем развития техники и технологии и исходить из запросов практики.

Принцип полноты исследований требует не только решения основных задач разведки (определения качества и количества минерального сырья), но и получения всех данных, необходимых для проектирования и строительства горнорудного предприятия. Очевидно, что полнота исследований также постепенно нарастает вместе со сменяющимися стадиями, так как даже сформулировать все требования к данной стадии разведки невозможно в начале работ. Тем не менее, можно назвать главные вопросы, которые нужно решить как можно раньше. Прежде всего, это установление комплексности данного сырья, а также полного контура и размера месторождения. Если на участке месторождения имеется несколько рудных тел, контур нужно получить для каждого тела. Получение контура и разреза – дело очень сложное и зависит, прежде всего, от размеров месторождения и глубины его залегания. Нужно в отдельных случаях перехо-

дить к разведке месторождения по частям, увязывая это с возможностями промышленного освоения месторождения или целого района.

Важнейшим положением принципа полноты исследований является увязка с технологией добычи и переработки минерального сырья.

Здесь требуется не только увязка разведочных выработок с опробованием (в частности, технологическим), но и оптимальность самого количества и расположения выработок; например, разведка для будущей добычи руды открытыми работами требует большого внимания не только при изучении рудного тела, но также и вмещающих пород, которые будут так или иначе затронуты будущим карьером. Принцип полноты исследований отчетливо отражается в требованиях, предъявляемых к разведке проектирующими организациями.

Принцип последовательных приближений требует постепенного, поэтапного наращивания объема сведений о месторождении. Он прямо связан с принципом полноты исследований. В результате разведки должны быть получены исчерпывающие данные о строении месторождения, о количестве и качестве полезного ископаемого, о горнотехнических условиях его разработки, необходимые для проектирования и эксплуатации. Соблюдение этого принципа продиктовано прежде всего экономическими соображениями: расходовать средства на разведку с наименьшим риском их неоправданных затрат или замораживания. При постепенном увеличении детальности разведки, если выясняется, что месторождение непромышленное, можно ее своевременно прекратить и тем самым избежать напрасного перерасхода средств. Если же месторождение очень большое, то разведка участков, которые будут разрабатываться через длительное время, означает преждевременную трату средств. На практике этот принцип осуществляется в стадийности проведения геологоразведочных работ.

Принцип последовательных приближений говорит о постепенном наращивании знаний об изучаемом месторождении и районе по этапам и стадиям. Практически каждая новая разведочная выработка дает тот или иной "прирост" знаний. Этот принцип неизбежен во всем геологоразведочном процессе. Хотя работа всегда строится с максимальным ускорением, необходимо соблюдение этапов и стадий, что подтверждается всем многолетним опытом разведки. Так, вслед за поисково-разведочной стадией поискового этапа следуют, сменяя друг друга, предварительная, детальная и эксплуатационная стадии разведочного этапа. Не только геологическая служба, но и горная промышленность, особенно в части проектирования, построены на принципе последовательных приближений.

С принципом последовательных приближений тесно связан другой, практически самостоятельный принцип – геологического прогноза и его проверки. Проектирование каждой разведочной выработки основывается на геологическом прогнозе, и ее проходка или подтверждает (уточняет) прогноз, или заставляет вносить в него коррективы, или, наконец, требует перестройки выдвинутых представлений. Таким образом, принцип геологического прогноза и его проверки лишний раз подтверждает важность принципа последовательных приближений.

Принцип равномерности (равной достоверности) заключается в необходимости равнодостоверного изучения всего месторождения. Однако соблюдение этого принципа не означает, что все пункты наблюдений или разведочные выработки должны располагаться на одинаковом расстоянии друг от друга во всех направлениях. Равномерность должна быть геологическая, а не геометрическая, т.е. разведочные выработки должны располагаться с учетом анизотропии свойств полезного ископаемого.

В основе принципа равной достоверности (равномерности) лежит положение о том, что природные тела характеризуются изменчивостью форм и качества, уловить которую проще всего при равномерном распо-

ложении разведочных выработок или пунктов опробования. Но не нужно упрощать этот принцип, принимая, что разведочные выработки следует проводить всегда на равных расстояниях. Наоборот, в одном и том же рудном теле в направлении меньшей изменчивости (например, по простиранию) расстояние между выработками необходимо принимать большее, чем по направлению большей изменчивости (например, по падению). Расположение выработок по этому принципу соответствует характеру изменчивости месторождения. Детальность и достоверность исследований, отвечающие данной стадии разведки, а также равноточность результатов достигаются не только соответствующим расположением выработок, но и применением технических средств, равноценных по своим возможностям.

С точки зрения математической статистики тело полезного ископаемого (или месторождение) представляет собой совокупность, свойства которой могут рассматриваться как случайные величины. Изучение этих свойств как случайных величин должно производиться на основе случайной выборки, которая лучше всего обеспечивается равномерным распределением проб по объему всей изучаемой совокупности. Отсюда вытекает требование равных расстояний между пробами. Для площади опробования это требование находит выражение в необходимости отбора проб по квадратной сетке.

Геофизика, при хорошей интерпретации геофизических измерений, нередко может дать разведчику недр такие данные, на основании которых можно закладывать значительно меньшее количество выработок (проверочных), но даже и в этом случае нужно стремиться равномерно осветить те или иные участки месторождения.

Столетний опыт разведки во всем мире показал, что принцип равномерности выражается, как в заложении равномерных разведочных сеток, так и равных расстояниях между пунктами всевозможного опробования.

Принцип наименьших затрат средств и времени является основным положением не только разведки, но и всей горной промышленности. Затраты, естественно, разделяются на трудовые и материальные. Необходимо учитывать, что иногда для сокращения времени разведки месторождения целесообразно идти на большие затраты труда и материалов, а в некоторых случаях отчасти даже игнорировать другие перечисленные выше принципы.

Таким образом, четыре принципа разведки характеризуют все ее главные составляющие. Первый принцип отражает цель разведки, второй и третий – методологию, четвертый – технико-экономические возможности и условия ведения геологоразведочных работ. На первый взгляд принципы противоречат друг другу: принцип полноты исследований, например, принципу наименьших материальных и трудовых затрат и некоторым требованиям принципа равномерности; принцип последовательных приближений – принципу наименьших затрат времени и т.д. Однако, противоречия между принципами разведки носят не антагонистический, а вполне разрешимый характер. Соблюдение принципов разведки стимулирует разработку и совершенствование важнейшей задачи геологоразведочного дела: необходимой и достаточной достоверности исследования.

2.2.2. СИСТЕМЫ РАЗВЕДКИ. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИХ ВЫБОР

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

Системы разведки – это комплекс технических средств, которые дают возможность с достаточной достоверностью и полнотой выяснить форму, размеры, условия залегания, качественные характеристики полезного ископаемого, определить его количество и горнотехнические условия разработки, т.е. решить основные задачи разведки.

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

Среди рассматриваемой группы буровых систем для разведки твердых полезных ископаемых выделяются системы скважин: ударно-канатного бурения, вертикальных и наклонных колонковых, глубоких направленных и многозабойных. В каждой из этих систем могут выделяться

подсистемы, зависящие от типа буровых установок, геологических особенностей месторождений и условий залегания тел полезных ископаемых.

Геологические особенности месторождений определяют применение трех видов систем – мелких вертикальных скважин, глубоких вертикальных скважин и наклонных скважин.

Системы мелких вертикальных скважин применяются при разведке неглубоко залегающих пологих и горизонтальных плитообразных тел, с относительно равномерным распределением качественных показателей: месторождений глин, песков, месторождений коры выветривания, грунтовых вод, сильно обводненных россыпей.

Системы глубоких вертикальных скважин применяются для разведки глубоко залегающих пологих плитообразных тел и крупных месторождений изометричной формы: платформенных месторождений углей, пластообразных тел медистых песчаников, штокверков медно-порфировых руд, месторождений соли и других неметаллических полезных ископаемых (рис. 3).

Системы наклонных скважин используются при разведке крутопадающих и наклонных плитообразных тел полезных ископаемых (рис. 4): пластовых, жиллообразных и линзообразных – медноколчеданных, полиметаллических руд, геосинклинальных месторождений углей, месторождений пластовых фосфоритов.

Группа горных систем дает возможность получить полную и более достоверную информацию об изменчивости геологических свойств разведываемых месторождений, даже, несмотря на сложность их геологического строения, невыдержанную форму и прерывистость рудных тел, и крайне неравномерное распределение полезных компонентов.

Горные системы применяются для разведки тел полезных ископаемых очень сложной формы, с изменчивыми условиями залегания и с крайне неравномерным распределением полезных компонентов. Выделяются

три вида горных систем: шурфов, штолен и шахт. Внутри каждого вида отдельные системы называются по комплексу применяемых выработок. Например, система шурфов с рассечками, или система разведочных шахт с квершлагами и штреками и т.п.

Системы разведочных шурфов служат для разведки пологих плитообразных или небольших изометричных тел полезных ископаемых, залегающих на глубине до 20 – 30 м от поверхности. Этими системами разведываются месторождения кирпичных глин, каолинов, корунда, малообводненные россыпи золота, элювиальные россыпи алмазов и др.

Системы разведочных штолен возможны в условиях гористого рельефа и применяются для разведки самых разнообразных по формам и условиям залегания тел полезных ископаемых.

Системами разведочных шахт разведываются тела крайне изменчивых форм и условий залегания, расположенные относительно глубоко от поверхности. Чаще всего это месторождения редких и драгоценных металлов и минералов.

Большинство месторождений черных, цветных, редких и драгоценных металлов и многие месторождения неметаллических полезных ископаемых разведываются с помощью горнобуровых систем.

Группа горно-буровых систем характеризуется применением в различных сочетаниях горных выработок и буровых скважин. Их соотношение зависит от геоморфологии района, сложности геологического строения месторождения и изменчивости свойств полезного ископаемого. Наиболее распространены комбинации разведочных скважин ударно-канатного или колонкового бурения с шурфами или шахтами, играющими роль контроля и используемыми для отбора технологических проб, а также разведочных штолен или шахт в рациональном сочетании с подземными буровыми скважинами (рис. 5).

Факторы, влияющие на выбор систем разведки, подразделяются на

геологические, горно-технологические и географо-экономические.

2.2.3. Понятия о разведочной сети (форма, плотность, методы оптимизации)

Система пересекающихся разведочных линий образуется в продольной плоскости тела полезного ископаемого. В узлах пересечений разведочных линий располагаются разведочные выработки. Основная характеристика разведочной сети – геометрия (ориентировка, формы и размеры) ее ячейки. При пересечении ортогональных разведочных линий образуется прямоугольная или квадратная сеть, а при пересечении линии под острыми углами – ромбическая. Для изучения изотропных тел применяется квадратная сеть, а при изучении анизотропных тел полезного ископаемого – прямоугольная. Ромбические сети применяются в целях уточнения свойств полезного ископаемого (рис. 6).

По морфологии соотношения размеров наиболее распространены изометричные, плитообразные тела полезных ископаемых.

Изометричные тела (штокверки, гнезда, карманы т.п.) обладают близкими во всех трех измерениях размерами, поэтому их обычно разведывают по квадратной или прямоугольной сетке, чтобы можно было построить систему взаимно перпендикулярных разрезов.

Плитообразные тела (пласты и платообразные залежи, жилы, линзы и другие плоские тела) имеют один маленький и два больших размера. Этот вид пользуется в природе наибольшим распространением. Разведка плитообразных тел определяется условиями их залегания и очертаниями в плане или в проекции на плоскость параллельную падению тела. При горизонтальном или пологом залегании тела полезного ископаемого может применяться сетка любой формы: квадратная, прямоугольная или ромбическая. В случае крутого падения тела разведка осуществляется профилями (линиями), ориентированными перпендикулярно простиранию тела полезного ископаемого. Положение профилей и выработок в профиле выби-

рается с таким расчетом, чтобы точки пересечения выработками полезного ископаемого составили в плоскости тела правильную сеть.

Итак, расположение разведочных выработок в процессе разведки месторождений полезных ископаемых определяется формой, условиями залегания и степенью изменчивости полезного ископаемого.

Для количественной характеристики расположения разведочных выработок по площади месторождения пользуются понятием "параметры разведочной сети". Это понятие включает в себя глубину разведки, плотность и густоту разведочной сети.

Глубина разведки показывает, на какое расстояние от поверхности вскрыто разведочными выработками полезное ископаемое. Оно определяется с одной стороны глубиной распространения полезного ископаемого, с другой – технико-экономическими соображениями, когда полезное ископаемое погружается на очень большие глубины. В этих случаях глубина разведки устанавливается заранее, исходя из сроков отработки месторождения по падению, или технических возможностей применяемого оборудования.

Плотность разведочной сети (S_0) выражается отношением площади месторождения к количеству разведочных выработок, полностью пересекающих полезное ископаемое:

$$S_0 = S/n,$$

где, S – площадь тела полезного ископаемого, измеренная в горизонтальной, вертикальной или в какой-либо наклонной (для наклонных тел) плоскости; n – количество выработок, пересекающих тело полезного ископаемого по линиям, близким к наименьшему размеру тела (к мощности).

На параметры разведочной сети влияют:

1. Степень и характер изменчивости полезного ископаемого;
2. Размеры тела полезного ископаемого;
3. Тип применяемых разведочных выработок;

4. Стадия разведки.

Значение первого фактора очевидно – чем больше и сложнее изменчивость мощности, условий залегания и распределения полезного компонента, тем плотнее должна быть разведочная сеть.

Влияние размеров тела полезного ископаемого сказывается, главным образом, при разведке небольших по размерам тел. В таких случаях на первый план выступают требования точности расчета средних величин показателей месторождения, для чего могут потребоваться расстояния между выработками меньше, чем это необходимо для характеристики собственно геологических условий месторождения или тела.

Влияние третьего фактора определяется достоверностью разведочных данных, получаемых в выработках различного типа. Так, при разведке с применением горных выработок расстояния между ними будут больше, а плотность или густота, соответственно, меньше, чем, если разведка ведется буровыми скважинами.

Параметры разведочной сети должны соответствовать детальности решения поставленных задач, поэтому на стадии предварительной разведки, когда требуется общая приближенная оценка месторождения, расстояния между выработками будут значительно больше, чем на стадии детальной разведки, когда требуется точное и полное определение всех характеристик месторождения. На стадии детальной разведки производится сгущение разведочной сети предварительной разведки в два раза, а при необходимости в четыре, восемь, или шестнадцать раз (рис. 7).

Определение оптимальных параметров разведочной сети осуществляется несколькими способами: аналогий, экспериментальным и аналитическим.

Способ аналогий заключается в применении уже апробированных на другом месторождении параметров разведочной сети, если разведываемое месторождение обладает близкими к эталонному характеристиками. На способе аналогий основаны и специальные инструкции, рекомендуемые определенные сети выработок для разных стадий разведки, определенных типов месторождений.

Под термином плотность разведочной сети подразумевается либо среднее расстояние между разведочными пересечениями, либо средняя площадь в квадратных метрах, приходящаяся на одну секущую выработку (скважину). При выборе плотности разведочной сети широко используется метод аналогии, т.е. сеть выбирается по аналогии с другими уже разведанными или освоенными месторождениями или участками данного промышленного типа. Эта плотность соответственно повышается при детализации и оценке запасов категорий А, В, С₁, С₂. На стадии доразведки и эксплуатационной разведки плотность сети принимается по аналогии с отработанными участками или рудными телами данного конкретного месторождения. Ниже в табличной форме приводятся примеры плотности разведочной сети при разведке месторождений угля Кузбасса. (табл. 11).

Таблица 11

Плотность разведочной сети при разведке месторождения Кузнецкого
угольного бассейна

Сложность геологического строения		Расстояние между разведочными линиями, м			Примеры
Тектоника	Выдержанность пластов	кат. А	кат. В	кат. С ₁	
Простая	выдержанные (группа 1)	400-700	600-900	800-1500	Шахта "Нагорная"
	относительно выдержанные (группы 1,2)	300-500	500-700	700-1000	Шахта "Инская"
Усложненная	выдержанные (группы 1,2)	300-500	500-700	700-1000	Шахта "Байдаевская"
	относительно выдержанные (группы 2,3)	250-400	400-600	500-800	Шахта "Дальние горы"
Сложная	выдержанные (группы 2,3)	200-300	300-500	400-700	Шахта "Коксовая"
	относительно выдержанные (группы 2,3)	--	200-300	300-600	Шахта им. "Дзержинского"
Весьма сложная	выдержанные и относительно выдержанные	--	150-300	150-300	Шахта "Тырганская"

В Кузбассе чаще применяют разведку параллельными профилями, ориентированными вкrest господствующего простирания тектонических структур. Реже пользуются прямоугольной или ромбической сетью. (Андреевская брахисинклиналь, Ерунаковская, Талдинская синклинали). Расстояния между линиями основной сети определяются в соответствии с типом месторождения, и опытом разведки и эксплуатации (табл. 11). Расстояния между скважинами в линиях определяются с таким расчетом, чтобы получить не менее двух подсечений пласта и перекрытый разрез до

разведкуемого горизонта. При разведке угольных месторождений Кузбасса полная перебурка свиты пластов осуществляется наклонными скважинами, что удорожает разведку, но достоверность и полнота полученной геологической информации окупает затраты.

По соседним линиям разрезы должны хорошо сопоставляться. В промежутках между линиями каждый рабочий пласт (в крайнем случае, один из группы сближенных) должен быть подсечен скважиной или горной выработкой вблизи его выхода под наносы через 100-150 м по простиранию (табл. 12).

Все параметры разведочной сети должны отвечать трем основным требованиям:

1. Общее количество разведочных выработок должно быть минимальным.
2. Глубина разведки должна быть минимально-необходимой.
3. В каждом разрезе тело полезного ископаемого должно быть пересечено минимум в двух точках

В конечном счете от выбора густоты и плотности разведочной сети зависят физические объемы горных и буровых работ, затраты на геолого-разведочные работы в целом и на единицу запасов в частности.

Таблица 12

Примерная густота разведочной сети для угольных месторождений

Типы месторождений	Расстояния между разведочными линиями, м		Примеры месторождений
	Предварительная разведка	Детальная разведка	
II тип. Месторождения, приуроченные к спокойным крупным складчатым структурам, с устойчивыми элементами залегания и редкими разрывными нарушениями: а) устойчивые пласты; б) относительно устойчивые; в) неустойчивые пласты	1200 – 1500 1000 500	600 – 750 300 – 400 125 - 150	Томь-Усинское месторождение
III тип. Месторождения со сложными складчатыми структурами, нарушенными взбросами и другими дизъюнктивами: а) устойчивые пласты; б) относительно устойчивые; в) неустойчивые пласты	900 – 1000 500 250	400 – 500 200 – 250 125	Байдаевское месторождение
IV тип. Месторождения интенсивно нарушенные, с крайней степенью проявления пликативных и дизъюнктивных форм нарушения: а) относительно устойчивые; б) неустойчивые пласты	250 Не	125 разведывают	Прокопьевское месторождение
V тип. Месторождения брахискладчатой структуры:			Анжерское

а) относительно устойчивые; б) неустойчивые пласти	$500 - 70$ 250	$250 - 125$	
---	---------------------	-------------	--

2.3. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ.

2.3.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ. РАЗВЕДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ И СКВАЖИНЫ.

Разведочные работы выполняются при помощи горных выработок и буровых скважин (колонкового и ударно-вращательного способов бурения).

Горные выработки, открывающие непосредственный доступ к рудным телам, позволяют: изучать состав и строение рудных тел, определять их форму и размеры, отбирать пробы, получать характеристику горнотехнических условий, вскрывая рудные тела в заранее заданных местах. Как известно, недостатками разведки горных выработок являются - высокая стоимость работ, низкая скорость их проведения и ограниченность применения.

Бурение широко применяется на все стадиях разведки самостоятельно или в сочетании с горными выработками. Буровые скважины позволяют в сравнительно короткий срок разведывать рудные тела на различных глубинах, причем стоимость бурения в 3-4 раза меньше стоимости проходки горных выработок.

Одним из основных путей повышения эффективности разведочных работ является рациональное сочетание подземных горных выработок и разведочных скважин и применение каждого вида работ в наиболее благоприятных для него условиях. Рациональное сочетание горно-разведочных и буровых работ зависит от условий залегания, морфологии и размеров рудных тел и принятой системы разведки.

2.3.2. ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Одной из главных задач горных работ является выяснение возможности использования данных бурения для подсчета запасов, что должно способствовать всемерному расширению области применения буровых работ при разведки рудных месторождений.

При горно-разведочных работах наиболее применяемыми являются различные виды горных выработок.

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

Наиболее информативными являются горные выработки, пройденные вкрест простирания рудоносных структур, тел и залежей. Это канавы, шурфы, дудки, квершлаг, рассечки. Другие выработки (траншеи, штреки, восстающие), пройденные по простиранию или падению рудных тел, залежей, позволяют проследить по этим направлениям прерывистость оруденения, изменчивость их морфологии, качественный состав. В условиях расчлененного рельефа штольни задают либо по простиранию рудных тел, либо вкрест простирания. Шахты только с целью разведки проходят редко, часто их назначение совмещается с отбором более объемных технологических проб для заводских испытаний или пробной эксплуатации. Это так называемые разведочно-эксплуатационные шахты (РЭШ). Они могут пересекать рудное тело или быть пройденными в виде наклонных или вертикальных стволов в стороне от рудного тела, с последующей проходкой из них квершлагов. Выбор разведочных горизонтов, сечения и радиуса закругления подземных горных выработок осуществляется с учетом возможных систем разработки и объемов транспортировки. Эти выработки могут быть использованы при эксплуатации.

При разведке месторождения на стадиях поисково-оценочных работ и предварительной разведки необходим большой объем поверхностных

выработок, канав, используемых для детального геологического картирования, поисков и прослеживания рудных тел.

Канавы представляют собой горизонтальные выработки трапециевидного поперечного сечения и глубиной, обычно, не более 5 м. Канавы в зависимости от назначения бывают магистральные и прослеживающие (собственно разведочные). Магистральные канавы предназначаются для изучения геологического разреза месторождения. Поэтому они проходятся вкрест простирания вмещающих пород и рудных тел и имеют значительную длину (до нескольких сотен метров), вскрывая вмещающие породы далеко в обе стороны от полезного ископаемого. Прослеживающие канавы проходятся также вкрест простирания, но их длина определяется видимой мощностью полезного ископаемого. Они располагаются на расстоянии от 20 до 50 м друг от друга. Если мощность рудного тела меньше ширина полотна канавы, то разведочные канавы проходятся по его простиранию, прослеживая рудное тело вдоль. В этом случае длина канавы определяется протяженностью тела полезного ископаемого. На крупных рудных полях, для выполнения необходимых объектов геологоразведочных работ, канавы проходятся механизированным способом с применением буровзрывных работ.

Использование экскаваторов, скреперных установок и бульдозеров при проходке канав и траншей в рыхлых породах во много раз повышает производительность труда и в несколько раз уменьшают стоимость 1 м³ канавы по сравнению с ручным способом проходки. Для геологической документации пород, вскрытых канавами и особенно для качественного опробования и документации рудных тел, обычно необходима расчистка полотна.

Шурфы и дудки – вертикальные выработки прямоугольного (шурфы) или круглого (дудки) поперечного сечения. Дудки проходятся в крепких, устойчивых породах и их сечение, как правило, не превышает 1 м².

Шурфы мелкие (до 10—12 м) проходятся взамен канав при значительной мощности наносов. Сечение шурфов 1,5—2,0 м². В необходимых случаях из шурфов проходят рассечки сечением 1,8 м² длиной не более 15—20 м от ствола.

Шурфы глубокие (до 30—40 м) сечением 4 м² проходятся в основном по коренным породам с задачей вскрытия рудных тел ниже зоны активного выветривания и по возможности ниже зоны окисления. Из шурфов проходят горизонтальные выработки сечением 1,8—2,7 м², ориентированные как по простиранию, так и вкрест простирания рудных тел. Длина горных выработок обычно не превышает 70—100 м от ствола шурфа, в связи с тем, что откатка производится вручную.

Вертикальные поверхностные выработки предназначены для вскрытия полезного ископаемого, перекрытого наносами сравнительно большой мощности и для разведки его верхней части. С этой целью из шурфов и дудок проходят короткие горизонтальные выработки - рассечки, располагаемые как по простиранию, так и вкрест простирания тела полезного ископаемого.

К подземным горным выработкам относятся шахты, квершлагги, штреки, орты, восстающие и штольни. Разведочные шахты – вертикальные выработки прямоугольного или круглого поперечного сечения площадью от 5 до 12 м², проходимые с поверхности для разведки полезного ископаемого на большую (до 150-200 м) глубину. При разведке горными выработками более глубоких горизонтов по особым проектам проходятся разведочно-эксплуатационные шахты глубиной до 300 м, а на эксплуатируемых месторождениях и до глубины 700 м и более (крайне редко). Из шахт развивают системы горизонтальных выработок, причем длина нормального шахтного поля достигает 500—1000 м, разведочные горизонты нормально создаются через 50—60 м, а в глубоких шахтах — через 100—120 м. При наличии резко расчлененного рельефа местности разведка рудных тел

производится штольнями, сечение которых принимается в зависимости от длины от 2,7 до 6,4 м². Штольни, в зависимости от расположения рудных тел, могут проводиться непосредственно по рудному телу или выполнять роль подходной выработки. В отдельных случаях подходные штольни проходят длиной до 1 км. Небольшие разведочные выработки—рассечки, квершлагги длиной до 100 м проходят сечением 2,7 — 4,0 м², при этом при длине выработки до 60 м можно применять скреперы для доставки породы к откаточной выработке.

Короткие разведочные выработки — рассечки, орты длиной до 40 м. могут производиться сечением 1,8—2,7 м² с откаткой породы тачками, скреперами или вагонетками малого объема.

Восстающие проходят для непосредственного прослеживания мало-мощных рудных тел по восстанию или для разведки мощных рудных тел рассечками на подэтажах или для сбойки и вентиляции горизонтов. Сечения восстающих 2,0 и 4,2 м².

Выбор технологии, техники и организации проходки подземных горных выработок зависит в основном от общих годовых объемов работ, количества забоев, протяженности выработок и свойств горных пород.

Проекты проходки подземных геологоразведочных выработок по возможности составляются с учетом последующего использования этих выработок при эксплуатации месторождений.

В первую очередь выполняются работы, связанные с изучением поверхности месторождения и близ поверхностных частей рудных тел, во вторую очередь производится более детальная разработка рудных тел тяжелыми горными выработками и буровыми скважинами, в том числе и разведка более глубоких горизонтов.

2.3.3. БУРОВЫЕ РАБОТЫ

Буровые разведочные скважины являются универсальным техни-

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

Буровые скважины позволяют производить разведку на значительные глубины (до 10 км). Точность геологических данных низка, но все же достаточна для оценки месторождений полезных ископаемых. Нередко бурение является единственным способом разведки.

В целях более широкого внедрения бурения при разведке полезных ископаемых и повышения надежности опробования буровых скважин следует применять современные технические средства и оптимальную технологию бурения.

Основными задачами при бурении скважин обычно являются выбор наиболее эффективного для данных условий бурового оборудования, разработка рациональной технологии бурения, получение кондиционного выхода керна, применение направленного многозабойного бурения, а также других видов бурения. В зависимости от глубины и условий бурения могут применяться различные буровые установки.

Технология бурения предусматривает выбор наиболее простой конструкции скважины, эффективных типов породоразрушающего бурового инструмента, разработка рациональных режимов бурения и др.

Колонковое бурение является универсальным техническим средством при проведении геологоразведочных работ. Разрушение горных пород осуществляется по периферийной части забоя, с сохранением колонки породы (керн). Исследование керна дает характеристику проходимых бурением пород. Применяется в породах любой крепости при бурении на нефть и газ, поисках и разведке месторождений твердых полезных ископаемых; специализированных гидрогеологических, инженерно-геологических, гео-

химических исследованиях. Диаметр бурения 36-151мм, максимальная достигнутая глубина бурения до 12км (Кольская сверхглубокая скважина).

Медленно-вращательное бурение производится обычно вручную, в последние годы широко механизмуется.

Процесс бурение производится вращательным способом, а исполнительным инструментом служат змеевики, а иногда и грунтоносы для взятия образца породы с ненарушенной структурой. Обычные диаметры бурения 60-168мм.

Скважины колонкового бурения могут быть вертикальными, наклонными или горизонтальными (рис. 8). Их можно проходить по породам любой крепости. Вертикальные и наклонные скважины способны достигать больших глубин. Из этих скважин иногда ведется направленное бурение новых стволов. Угол подсечения скважиной рудного тела должен быть не менее 30°. Недостатки этого вида бурения: искривление ствола скважины, нередко достигающее в наклонных скважинах большой величины; неполный выход керна и возможность его избирательного истирания, искажающего качественную характеристику полезного ископаемого; ограниченный объем материала для технологических проб. Выбор бурового агрегата и конструкции буровой вышки зависят в основном от проектной глубины разведочных скважин и условий (места) бурения - с поверхности земли, в подземных выработках или с плавсредств. Проектирование наклонной скважины для подсечения крутопадающего рудного тела проводят с учетом заданных координат точек его пересечения, допустимого угла встречи и возможности искривления ствола скважины. Точки встречи скважин с рудным телом должны образовать в его плоскости правильную геометрическую сеть. Другие виды вращательного бурения с разрушением горной породы по всему забою скважины - роторное и турбинное. Они широко применяются при разведке нефтяных и газовых месторождений.

Ударно- канатное бурение осуществляется диаметром от 100 до 600 мм до глубины в 1000 м и даже свыше (2500 м), хотя глубже 200 – 300 м работа неэкономична. Канатным способом можно бурить любые породы, от рыхлых и мягких до весьма крепких, с получением хороших результатов и смысле производительности и себестоимости погонного метра. Ударное бурение на канате дает очень большой эффект в крепких породах при небольших глубинах скважин до 100 – 120 м.

Этот способ применяется при разведке россыпных месторождений (рис. 9). В России выпускаются станки, рассчитанные для бурения до глубины 75-100 м и для бурения до глубины 150-200 м. Ударно-канатные скважины, проходимые большим диаметром без промывки, дают представительный материал для опробования. Недостатком этого способа бурения является то обстоятельство, что рудный материал получается в виде мелких обломков, что затрудняет его изучение. Разведывать ударно – канатным способом можно только месторождения горизонтально или полого залегающие, так как скважины проходятся только вертикально. При открытом способе разработки доразведка залежей полезных ископаемых производится, как правило, сочетанием скважин колонкового и бескернового бурения. Для бурения используются станки ЗИФ-300, ЗИФ-650МР, СКБ-4, а также самоходные буровые установки УКБ-600 и УКБ-500С, СБУД-150 ЗИВ и др. Выход керна по вмещающим породам должен быть не менее 60 %, а при бурении по полезному ископаемому не менее 70 %. При недостаточном выходе керна, а также при избирательном его истирании для производства химических анализов собирается шлам.

При опережающей эксплуатационной разведке помимо колонкового бурения широко применяется бескерновое бурение станками 2СБШ-200, 2СБШ-250, СБШ-250 МН и др. При сопровождающей эксплуатационной разведке в основном используются выработки и скважины технического назначения. На карьерах для целей документации и опробования исследу-

ется шлам буровзрывных скважин, которые бурятся станками СБШ-:250, СБУ-110, а в шахтах – станками БА-100М. Эффективность использования буровзрывных скважин для целей разведки значительно повышается при применении геофизических способов определения содержания, разработанных в настоящее время для многих элементов.

Разведка глубоких горизонтов и параллельных главной залежи тел при подземной разработке осуществляется горными выработками и скважинами колонкового бурения из специально оборудованных для размещения буровых агрегатов камер. Преимущество бурения из подземных выработок с экономической стороны и, особенно, с точки зрения достоверности данных разведки, очевидно по следующим причинам: скважины подземного бурения менее глубокие, чем бурущиеся поверхности, что обуславливает меньшее их искривление; бурение производится с учетом данных эксплуатации по скорректированным условиям залегания и строения рудных тел.

Бурение широко применяется на всех стадиях разведки самостоятельно; буровые скважины позволяют в сравнительно короткий срок разведывать рудные тела на разных глубинах, причём стоимость бурения в 3-4 раза меньше стоимости проходки горных выработок. Существенными достоинствами разведки буровыми скважинами является: относительная оперативность работ, возможности проходить скважины в любом направлении и на необходимую глубину. Главными недостатками буровой разведки по сравнению с разведкой подземными горными выработками являются: меньшая достоверность опробования, неполнота геологической информации, меньшая точность определения пространственного положения рудного тела, невозможность получения пересечения рудного тела в строго определенных местах и отсутствие непосредственного доступа к местам подсека рудных тел для проведения дополнительных исследований. При разведке месторождения только буровыми работами обычно понижа-

ется категория запасов по сравнению с разведкой, проводимой горными выработками.

Одним из основных путей повышения эффективности разведочных работ являются рациональное сочетание подземных горных выработок и разведочных скважин и применение каждого вида работ в наиболее благоприятных для него условиях. Рациональное сочетание горноразведочных и буровых работ зависит от условий залегания, морфологии и размеров тел полезных ископаемых и принятой системы разведки.

В большинстве случаев технические методы поисков и разведки применяются в комплексе с другими геологическими методами, конечным результатом применения которых является выявление и полная комплексная оценка месторождений полезных ископаемых.

2.4. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.4.1. ЗАДАЧИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Методы геофизических исследований основаны на различие в плотностных, магнитных, электрических и других свойствах горных пород разного минерального состава. В исследованиях используют либо аномалии естественных физических полей, обусловленные различными свойствами горных пород, либо закономерности распространения искусственно возбуждаемых в массиве физических полей. Все геофизические методы в зависимости от природы физических полей подразделяются на гравиметрические, магнитные, электромагнитные, радиоволновые, сейсмические, радиометрические и термические.

Геофизическими методами или с их участием решаются в общем, виде, следующие задачи: выявление благоприятных для размещения полезных ископаемых структур, определение структурной и качественной неоднородности геологического разреза, получение информации о наличии и качестве полезного ископаемого, форме и размерах залежей, состоянии и свойствах массивов горных пород. На горнодобывающих предприятиях при доразведке, эксплуатационной разведке и в процессе эксплуатационных работ с помощью геофизических методов также решаются следующие задачи: обнаружение тел полезных ископаемых на флангах и глубоких горизонтах месторождений в пространстве между выработками; определение мощности и контуров тел полезных ископаемых, условий их залегания и оценки качества; уточнение гидрогеологических условий; оценка состояния массива горных пород и прогнозирование геодинамических процессов, включая проявления горного давления.

2.4.2. МЕТОДЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Магнитометрические методы

Магнитометрические методы, на основании изучения магнитных аномалий вызванных различной магнитной восприимчивостью горных пород и полезных ископаемых, дают возможность исследовать и оценивать месторождения ферромагнитных руд. Эффективно применение методов для изучения кимберлитовых трубок, бокситов, золотоносных россыпей, а также трещиноватости, тектонической нарушенности и закарстованности массивов.

Гравиметрические методы

Гравиметрические методы основаны на изучении силы тяжести, изменяющейся в зависимости от плотности рудных масс или иных исследуемых объектов. Гравиметрические методы позволяют определить глубину залегания, форму и размеры тел полезных ископаемых, отдельных структурно-тектонических зон в пределах месторождений, а также выявить карстовые тела, (полости), блоки плотных пород, зоны тектонически нарушенных, трещиноватых, брекчированных пород. Положительные аномалии соответствуют рудным месторождениям (особенно эффективен этот метод при разведке хромитов); отрицательные аномалии соответствуют месторождениям каменной соли и каменных углей. Интенсивные положительные аномалии характеризуют кварцевые и баритовые жилы, трубки кимберлитов и др. Широко применяются при изучении вопросов глубинной геологии, а также для поисков соляных куполов, нефтеносных и газоносных структур, выявления и прослеживания угленосных бассейнов, поисков хромитов.

Электрометрические методы

Электрометрические методы (метод собственных потенциалов, метод заряженного тела, метод вызванной поляризации, пьезоэлектрический метод, метод электросопротивления и др.) используют электропроводимость и электросопротивление руд и окружающих горных пород. С помощью названных методов изучают сульфидные и угольные месторождения, участки повышенной фильтрации подземных вод, оконтуривают рудные тела, пласты антрацита и графита, выявляют разрывные нарушения, картируют мерзлотные толщи, трещиноватые и закарстованные зоны. Методы применяются при поисках и разведки медно-колчеданных и полиметаллических месторождений, погребных россыпей и для решения многих, разнообразных вопросов геологического строения исследуемых районов.

Высокочастотные радиоволновые методы

Высокочастотные радиоволновые методы, базирующиеся на использование электромагнитных свойств горных пород, применяют для определения местоположения и параметров рудных тел, пластовых залежей угля и графита. Они эффективны для обнаружения тектонических нарушений (особенно малоамплитудных нарушений), зон повышенной трещиноватости, кливажа и обводненных зон пластов, талых зон в области многолетней мерзлоты, пlyingунов в песках и т.п.

Сейсмические методы

Сейсмические методы основаны на различие в скоростях распространения упругих волн в различных породах, возбуждаемых искусственными взрывами. Сейсмические методы дают информацию о строении и состоянии массива горных пород; они используются при разведке месторождений нефти и газа, инженерно-геологических изысканиях: при изучении зон трещиноватости, разломов, карстовых положений, многолетней мерзлоты, выветрелых горных пород, а также при оценке параметров упругости и прочности горных пород. Весьма широко используются для изу-

чения глубинной геологии и тектоники, являются ведущими для обнаружения и изучения нефтеносных и газоносных структур, а также при изучении угольных бассейнов.

Радиометрические методы

Радиометрические методы основаны на изучение явлений радиоактивности. Радиометрические методы, фиксирующие естественные радиоактивные поля, применяются при разведке радиоактивных руд, изучении обладающих незначительной радиоактивностью гранитных массивов, при отыскании и прослеживании тектонических разломов, зон трещиноватости и других элементов структурной неоднородности массивов горных пород. Как пример эффективности использования радиоактивных методов можно привести открытие кимберлитовых алмазоносных трубок в Якутии.

Каротаж

Каротаж - основной вид скважинных геофизических исследований. Он проводится с целью изучения физических свойств горных пород и руд в вертикальном разрезе. Данные каротажа используются для литологического расчленения, вскрытого скважиной геологического разреза, его изучения, выделения угольных пластов и тел сопутствующих полезных ископаемых, детального изучения их строения, определения ряда основных показателей качества и физических свойств пород и руд.

Выделяются следующие виды каротажа: магнитный каротаж; гамма-каротаж (ГК) - измерение естественной гамма активности горных пород; гамма-гамма-каротаж (ГГК) - измерение характеристик рассеянного гамма-излучения, возникающего при облучении горных пород внешним источником гамма-излучения. Из методов электрического каротажа наиболее распространены каротаж сопротивления (КС) - измерение удельного электрического сопротивления горных пород и метод ВП (вызванных потенциалов). Метод вызванных потенциалов (ВП) основан на выявлении зон сульфидного оруденения, в том числе вкрапленного типа, выделении по-

род, обогащенных минералами с электронной проводимостью. Метод основан на дифференции пород разреза по удельному сопротивлению, его связи с составом пород, пористостью и минерализацией вод, структурой пород, их нарушенностью и обводненностью. Необходимо наличие минералов, обладающих электронной проводимостью (сульфиды, графит и др.) С помощью этого метода производится литологическое расчленение разреза скважины, выделение рудоперспективных интервалов, кварцеворудных жил; определение положения водоупоров и водоносных горизонтов, выяснение структурных условий разреза, оценка пористости пластов (рис. 10).

Каротажные кривые ГК и ГГК позволяют с высокой степенью дифференциации расчленить, вскрытый скважинами разрез, по кривым ГК выделяются породы, обогащенные радиоактивными элементами, метод особенно эффективен для выявления радиоактивных руд (U,Th, K). Важной задачей является получение исходных данных для подсчета запасов радиоактивных руд. Геолого-геофизические предпосылки использования этого метода - дифференциация пород по их естественной радиоактивности. Повышенная радиоактивность кислых пород характерна для интрузивных и вулканогенных образований, бокситов, фосфоритов; высокие ее значения у радиоактивных руд (U,Th, K). ГГК решает следующие геологические задачи: оконтуривание рудных зон в разрезах скважин, оценка содержания железа, марганца, бария (с погрешностью 1,5-2,0%), сурьмы, свинца, ртути (порог чувствительности (0,1-0,3%). Геолого-геофизическими предпосылками применение этого метода, является проявление эффекта фотоэлектрического поглощения лучей атомами определенного элемента.

Для характеристики прочностных свойств и устойчивости пород в последние годы внедряется акустический каротаж, проводятся экспери-

ментальные исследования возможности использования для этой цели методов (в комплексе) ГГКС, ГК и КС.

Инклинометрия. На достоверность геологических построений и расчетов истинных мощностей тел полезных ископаемых вмещающих пород разреза существенно влияют искривления стволов скважин. На всех вертикальных скважинах (глубиной более 300 м) и наклонных скважинах (глубиной более 100 м), через 10-20 м осуществляется инклинометрия - замеры зенитного угла и азимута стволов.

Газовый каротаж - изучение физическими методами содержания и состава газов в промывочной жидкости при бурении; результаты его в комплексе с другими методами используются для оценки природной газонасыщенности месторождения и прогноза газообильности горных выработок при его вскрытии и разработке месторождения.

Акустический каротаж (АК) выполняется для решения следующих геологических задач: литологическое расчленение разрезов скважин, определение пористости и трещиноватости горных пород, стратиграфическая привязка границ, оценка физико-механических свойств границ. Проведены опытные исследования по применению акустического метода для прогноза напряженности горных массивов, предотвращения горных ударов. Следует добавить об эффективности метода АК при оценке угольных месторождений.

2.4.3. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Геофизические исследования (шахтные и скважинные общие геофизические методы) в комплексе с геологическими методами изучения месторождений на всех этапах их до разведки и эксплуатации используются для выполнения следующих задач:

- 1) поиски и прослеживание смещенных частей рудных тел, их апофиз, а также поиски слепых рудных тел в пространстве между скважинами и горными выработками на флангах и глубоких горизонтах месторождений;
- 2) уточнение морфологических особенностей и условий залегания известных рудных тел в пределах месторождения;
- 3) обнаружение и уточнение границ пропущенных рудных интервалов при малом выходе керна в скважинах колонкового бурения, а также в скважинах без кернового бурения;
- 4) геологическое картирование на вскрытых участках месторождения и их промышленная оценка;
- 5) уточнение горнотехнических и гидрогеологических условий разработки рудных месторождений и отдельных рудных тел.

Кроме того, с помощью геофизических исследований производится детализация многих горнотехнических условий эксплуатации, выявление и прослеживание ослабленных участков тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости, водоносных трещин, зон обрушения. Оконтурирование слоя сезонного оттаивания выполняется с использованием шахтного электро и радио-профилирования.

На дражных полигонах для выделения участков многолетней мерзлоты и целиковых зон применяются электроразведочные методы на постоянном и переменном токе. Методика геофизических наблюдений, шаг и сеть измерений на разрабатываемых месторождениях, определяются

принятой схемой расположения эксплуатационно-разведочных, горно-подготовительных и нарезных выработок.

При сопровождающей эксплуатационной разведке мощных рудных тел в подземных условиях, а также штокверков при открытом способе разработки, для уточнения положения контактов промышленных руд используются электрометрические методы (ЕЭП, ВП и различные схемы каротажа) (рис. 11).

При поисках рудных тел кварц-сульфидного типа (жилы, линзы, жильные зоны) и для уточнения их морфологии успешно применяются радиоволновые методы. Они применяются также для уточнения мощности вскрытых рудных тел, выявления крупных участков их пережимов в пространстве между этажными выработками.

2.4.4. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РАЗВЕДКЕ УГОЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Особо следует остановиться на геофизических исследованиях угольных и железорудных месторождений.

Различные природные особенности месторождений, физические свойства углей и вмещающих пород определяют необходимость тщательного выбора рационального комплекса угольной скважинной геофизики. Данные каротажа по определению мощности угольных пластов, их строения и глубин залегания, а также показателей качества угля, используются как основной материал при подсчете разведанных запасов. Ниже приводится таблица 13, с характеристикой физических параметров углей и пород угленосных формаций.

Таблица 13

Физические параметры пород, составляющих угленосные формации

Породы	Общая пористость, P_r , %	Плотность d_a , г/см	Удельное электросопротивление ρ , Ом×м	Радиоактивность, I_γ , пА/кг
Уголь бурый	12-25	1,2-1,3	10-200	215-860
Уголь каменный	2-12	1,3-1,4	100-10 ⁶	215-860
Антрацит	1-2	1,4-1,8	10 ³ -10	215-860
Глины	5-25	1,9-2,4	0,8-20	86-2151
Аргиллиты	3-25	2,4-2,8	10-400	8602151
Алевриты	3-20	2,4-2,75	15-600	572-1287
Песчаники	3-15	2,4-2,75	2-3×10 ³	358-860
Известняки	2-2,5	2,3-2,9	10-5×10 ³	36-860
Изверженные породы	1-3	2,5-3,7	500-10 ⁵	71-1792

На тектонически-сложных месторождениях для полного и достоверного выявления в межскважинном пространстве форм залегания и нарушений пластов дополнительно к буровым работам выполняются специальные геофизические исследования методами электро и сейсморазведки.

Разрывные нарушения диагностируются МЭК (методом электрической корреляции), по степени коррелируемости пластопересечений в паре смежных скважин. МЭК фиксирует наличие или отсутствие в межскважинном пространстве резкого перепада глубин залегания одноименных пластов, интерпретируемого как возможное разрывное нарушение. При этом остается неизвестным его местоположение, морфологический тип и элементы залегания. По данным МЭК выявляется до 30 % разрывных нарушений с амплитудой 5 - 10 м.

МВСП (метод вертикального сейсмического профилирования), который разработан и опробован в условиях Кузбасса, позволяет выявлять и проследивать в околоствольном пространстве любые структурные неод-

нородности пластов, в том числе и мало амплитудные разрывные нарушения.

Основную часть полезной информации доставляют здесь сейсмограммы продольных отраженных волн, на которых разрывным нарушениям пластов отвечает разрыв корреляции. Метод обладает высокой разрежающей способностью. На расстоянии до 200 м по обе стороны от скважины он позволяет картировать пласты и прослеживать все разрывные нарушения с амплитудой 2 - 3 м и больше.

Метод пространственной фильтрации полей (МПЭФ) использует существенные различия физических свойств пород на тектоническом контакте (сместителе разрывного нарушения) от свойств вмещающих ненарушенных пород: простота и надежность этого метода выдвигают его в число наиболее перспективных для углеразведки методов скважинной геофизики.

В целом геофизические исследования в скважинах позволяют решить следующие задачи:

- определение глубины залегания, мощности и строения угольных пластов;
- литологическое расчленение разрезов;
- выделение зон интенсивной трещиноватости, тектонических нарушений, контактового метаморфизма;
- оценка устойчивости пород кровли и почвы угольных пластов;
- корреляция разрезов угленосных толщ, определение синонимии угольных пластов;
- измерение температур в скважинах;
- выявление и определение в скважинах мощности и дебита водоносных горизонтов, статического уровня воды и других гидрогеологических параметров;

- определение диаметра и положения ствола скважины в пространстве;
- оценка зольности углей;
- определение элементов залегания горных пород.

Эти задачи решаются комплексом электрических, радиоактивных методов, а также кавернометрией.

В угольных бассейнах, в частности в Кузнецком бассейне в основном применяются наземные геофизические исследования (гравиразведка и электроразведка). В зонах распространения "горельников" используется магниторазведка. Для решения частных геологических задач в отдельных районах применяется сейсморазведка.

Использование отдельных методов или их комплексов определяется геолого-геофизическими условиями района и поставленными задачами.

Гравиразведка имеет весьма широкое применение. Предпосылкой для ее применения является связь пониженных значений силы тяжести с участками распространения угленасыщенных толщ. В гравитационном поле отражаются крупные и средние по размерам складки, региональные и мелко амплитудные разрывные нарушения, выходы отдельных пластов угля, магматические тела диабазов и базальтов, стратиграфические контакты различных по составу пород.

Особенно эффективным является использование гравиразведки при прослеживании выходов угольных пластов. Различие в плотности углей ($1,3-1,5 \text{ г/см}^3$) и вмещающих пород ($2,4-2,7 \text{ г/см}^3$) обуславливает над угольными пластами пониженные гравитационные аномалии. Гравиразведка способствует правильной интерпретации материалов электропрофилирования. В частности, песчаники и "горельники" по электрическому сопротивлению близки к углю, но более плотные и отличаются локальными максимумами силы тяжести.

Электроразведка используется на всех стадиях геологоразведочных работ. Электропрофилирование применяется для прослеживания резких геологических границ, литологических горизонтов, угольных пластов и определения элементов залегания. Методика электропрофилирования на разных стадиях разведки отличается только разной сетью наблюдений. Они ведутся по профилям, ориентированным вкrest господствующего простирания пород и пластов.

Наиболее эффективно в Кузнецком бассейне одностороннее дипольное электропрофилирование. Геологические границы и литологические горизонты прослеживаются электропрофилированием при мощности рыхлого покрова менее 12-15 м и значительных различиях в электрических сопротивлениях пород. Этим методом, например, прослежена граница угленосных отложений с карбонатными породами девона и нижнего карбона в Присалаирской полосе, граница пермских и триасовых отложений в Ерунаковском районе, силлы и диабазы в Томусинском районе.

Электропрофилирование для прослеживания выходов пластов угля рекомендуется проводить от 20×5 до 50×10 м в зависимости от сложности геологического строения.

Еще один электрометрический метод (вертикального электрического зондирования) широко используется в Кузбассе для определения мощности покровных отложений пород кор выветривания. Электрическое сопротивление глин, песков и суглинков в несколько раз меньше коренных пород.

Магниторазведка имеет сравнительно ограниченное распространение. Магнитная съемка выполняется в основном для выявления и оконтуривания "горельников", которые обладают повышенными и высокими магнитными свойствами. Выявляются даже сравнительно небольшие тела, залегающие под покровом рыхлых отложений, мощностью до 20-30 м.

Как правило, магнитная съемка проводится в комплексе с электропрофилированием. Для наблюдений используется общая сеть профилей. Если магнитная съемка ведется самостоятельно, профили располагаются через 100 м с шагом наблюдений в нормальном поле – 40 м. В аномальных зонах, особенно вдоль границ горельников, эти расстояния нужно сокращать: магнитное поле здесь непостоянно. "Горельники" отмечаются, в общем, четкими аномалиями различной интенсивности и разного знака: положительными и отрицательными.

Геофизические методы применяются на всех этапах работ при разведке месторождений железных руд. В настоящее время они проводятся комплексно, выбор комплекса обусловлен в зависимости от поставленных задач, физико-географической обстановки, типа месторождения, минерального состава руд, однако по-прежнему наиболее применимым является метод магниторазведки.

Аэромагнитная съемка не только значительно расширила площади известных железорудных районов, но и обнаружила новые крупные месторождения: Соколово-Сарбайское, Гарьское, Белозерское и др.

Применение магниторазведки основано на том, что горные породы и руды, содержащие ферромагнитные минералы, вызывают магнитные аномалии. Наиболее ярко выраженными ферромагнитными свойствами обладают магнетит, пирротин, гематит, титаномagnetит.

Магнитная восприимчивость пород и руд (χ) зависит в первую очередь от содержания ферромагнитных минералов, величины их зерен, форм, а также структуры и текстуры породы. Направление остаточной намагниченности зависит в основном от направления магнитного поля и условий залегания породы в период, когда происходило ее намагничивание.

Среди горных пород наибольшей магнитной восприимчивостью характеризуются основные и ультраосновные породы, образующие аномалии, как правило, в пределах $1000-100000 \times 10^{-5}$ ед. СИ, а наиболее интен-

сивные (характерны для перидотитов) до 200000×10^{-5} ед. Си. Среди различных типов железных руд большей восприимчивостью обладают магнетитовые руды, редко - скопление пирротина. Гематитовые руды - слабомагнитные, а весьма слабой намагниченностью обладают бурожелезняковые и сидеритовые руды.

Гравиразведка занимает второе место среди геофизических методов, а при поисках слабомагнитных руд приобретает во многих случаях первостепенное значение. Метод применяется на основе различия плотности руд и вмещающих их пород. Например, магнетитовые руды имеют плотность 3,8-5,0, для мартитовых и мартитогематитовых плотность 3,2-3,8, рыхлые руды менее плотные - 2,0-2,9. В целом большинство типов железных руд имеют плотность более высокую, чем вмещающие породы.

Гравиразведка широко применяется при поисках и разведке осадочно-метаморфических месторождений типа КМА. А комплексирование грави- и магниторазведки на этих месторождениях позволяет проследить выходы пластов железистых кварцитов под мощной толщей осадочных отложений и определять элементы залегания. В целом метод гравиразведки на железорудных месторождениях используется для решения того же круга задач, которые поставлены перед магниторазведкой. Это: 1) выделение и оконтуривание зон рудопроявления, получение представления об их мощности, форме залегания рудных тел и для приближенных подсчетов запасов руды; 2) изучение глубинного геологического строения железорудных районов, оценка нижней границы распространения пород железорудной формации; 3) картирование железо-рудоконтролирующих образований, зон разломов, к которым приурочено оруденение и т.д.

Методы электроразведки в целях непосредственного выделения зон оруденения могут применяться только в комплексе с магниторазведкой или магнито-гравиразведкой тогда, когда последние не решают с необходимой полнотой задач, а по физико-геологическим условиям применение

методов электроразведки может существенно повысить эффективность геологоразведочных работ. Особенно эффективно использование электроразведки для определения мощности наносов, глубины залегания и рельефа опорного горизонта, выявление и прослеживание контактов между породами с высокой дифференциацией по удельным сопротивлениям; прослеживание зон тектонических нарушений.

Методы сейсморазведки позволяют определить мощность рыхлых отложений, прослеживать отдельные стратиграфические горизонты, к которым приурочено железорудное и изучать их морфологию, выявлять и изучать погребенные депрессии, поднятия и сбросы. Это определяет возможности использования сейсморазведки при поисках с целью прослеживания рудоконтролирующих структур, определения глубины залегания продуктивных толщ под наносами и изучения рельефа коренных пород.

Необходимым условием для применения геофизических методов является различие у искомого объекта и окружающих его горных пород тех физических свойств, которые фиксируются данным методом. Геофизические исследования эффективны на всех стадиях геологоразведочных работ, но наибольшую отдачу от их применения получают на стадии эксплуатационной разведки (табл. 14). Основным достоинством этих методов является то, что исследования проводятся быстро и что интересующий объект можно обнаружить на значительном расстоянии, с поверхности земли и без выполнения горных, буровых работ. Например, электропроводность и упругие свойства, а также магнитные и гравитационные свойства рудных тел и горных пород, (при благоприятных условиях) могут обнаруживаться и измеряться на глубине в несколько сот метров или даже несколько километров.

Таблица 14

Скважинные геофизические методы и их результаты при эксплуатационной разведке рудных месторождений.

Месторождение	Эффективность
Золотосульфидное (Казахстан)	Уменьшение объема бурения на 24 скважины. Разрежение сети с 50×100 на 50×(150-200) м
Редкометальное (Узбекистан)	Разрежение сети скважин с 40×40м на 40×80м; отпала необходимость проходки 26 горных выработок.
Медно-пирротинное (Рудный Алтай, Россия)	Скважинными методами выявлено слепое рудное тело. Прирост запасов.
Полиметаллическое (Салаир, Россия)	Уточнение морфологии и размеров рудных тел. Прирост запасов.
Полиметаллическое (Западная Сибирь)	Уточнение контуров и размеров рудных тел, разрежение разведочной сети в 2 раза. Прирост запасов

Геофизические методы являются новейшими методами разведки месторождений полезных ископаемых, использующими последние достижения науки и техники.

2.5. ОПРОБОВАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Опробование - выявление состава и свойств минерального сырья, определяющих его качество.

В большинстве случаев опробование представляет собой последовательный трехстадийный процесс: отбор, обработка и аналитическое исследование.

Первая стадия заключается в отделении от массива тем или иным путем отдельной порции (пробы) породы или полезного ископаемого, качественные показатели которых изучаются.

Опробование дает возможность:

- выявить качество полезного ископаемого;
- оконтурить различные по качеству участки рудного тела;
- подсчитать запасы руд и металла по рудному телу или месторождению;
- осуществлять контроль за отработкой месторождения и работой обогатительной фабрики;
- направлять геологоразведочные и подготовительно-эксплуатационные работы на месторождении.

2.5.1. СПОСОБЫ ОТБОРА ПРОБ

Способы отбора проб определяются назначением опробования и видом опробуемой выработки. Наиболее употребительными являются следующие способы отбора проб:

- 1) **Штуфной** - от массива отделяется кусок или блок (штуф) породы или полезного ископаемого весом от 0,2 - 0,5 до 2 кг.

Штуфные 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 штучные пробы подвергаются химическому анализу, хотя при равномерном распределении полезных компонентов в руде или в случае довольно однородного нерудного ископаемого (углей, некоторых строительных материалов) по штучным пробам можно определить качество таких ископаемых для подсчета запасов.

При поисках и поисково-разведочных работах возможен отбор штучков для химического и минералогических исследований с целью весьма ориентировочного представления об элементарном составе полезного ископаемого.

- 2) **Точечный** - на обнажение полезного ископаемого (на поверхности, в забое или стенке выработки) накладывается сетка геометрической формы. Из узлов ячеек отбираются небольшие кусочки полезного ископаемого, которые вместе составляют одну пробу (рис. 12).

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. Рекомендуется отбирать: от 20 до 50 отдельных кусков, весом до 500 г. каждый. Таким образом, общая масса начальной пробы может составлять от единиц до десятков килограммов.

Точечный способ целесообразно применять для опробования мощных тел полезного ископаемого. Он эффективен при опробовании крепких ископаемых ввиду сравнительной легкости отбивания отдельных кусочков и предпочтителен для руд более равномерных по качеству.

- 3) **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 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 каждом месторождении (рис. 13).

- 4) **Бороздовой** способ заключается в отборе борозды сечением $4-5 \times 5-10$ см. Длина борозды варьирует в зависимости от мощности рудного тела и распределения полезного компонента. На угольных месторождениях размер борозды принимается от 10×10 см для однородных углей, до 25×25 см для углей сложного и неустойчивого петрографического состава.

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 расчленяется на секции, из которых приготавливаются отдельные пробы. Секционное бороздовое опробование производится при пересечении горной выработкой мощной залежи, неоднородной по содержанию полезных компонентов в разных ее частях (рис. 14).

Бороздовые пробы отбираются вручную, но возможен и механический отбор бороздовых проб.

Секционное опробование применяется 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 сортов полезного ископаемого, если они установлены по геологическим признакам. Вес бороздовых проб десятки кг.

- 5) **Задирковый** способ состоит в отборе из стенок или полотна горной выработки слоя полезного ископаемого толщиной 5-10 см, материал которого представляет пробу. Задирковые пробы берутся в случае неравномерного распределения ценных минералов в теле полезного ископаемого, когда бороздовое опробование не гарантирует достаточную точность полученных данных. Глубина задиры 5-10 см, длина пробы 1-2 м. Вес задиры зависит от мощности рудных тел и не регламентируется.

Задирковый способ представляет собой отбойку (задиру) ровного слоя полезного ископаемого по всей обнаженной части тела в горной выработке или в естественном обнажении.

Основным условием задирикового опробования является соблюдение при отбойке материала пробы одинаковой глубины задиры на всей ее площади.

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 задириковых проб составляет обычно десятки кг.

Применение задирикового способа целесообразно лишь в тех случаях, когда более простые и менее трудоемкие способы не обеспечивают надежного определения качества. Это обычно разведка жильных месторождений с весьма неравномерным распределением полезных компонентов в жилах. Опыт показал, что при мощностях жил менее 15-20 см задира более эффективна, чем бороздовое 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. Этот способ в ряде случаев применяется как контрольный для выяснения относительной погрешности различных способов пробоотбора.

- б) **Валовой** способ. Опробование 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 предназначена для различных испытаний с целью определения качества полезного ископаемого, а также его физических свойств, определяющих горнотехнологические 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.

Валовая проба является наиболее представительной по сравнению с другими пробами, т.к. дает высокую точность определения свойств полезного ископаемого.

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 отдельно подсчитываемых запасов, то пробы на техно-

логические испытания должны быть взяты по каждому типу в отдельности.

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.

Вес проб для технологических испытаний зависят 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 стадии 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.

7) **Керновый** способ отбора проб очень распространен. Это обстоятельство вызвано тем, что колонковое бурение является ведущим методом разведки твердых полезных ископаемых. Длина проб зависит от вида полезного ископаемого, (сложности геологического строения), мощности рудных тел, характера контактов, границ с вмещающими породами.

При разведке большинства месторождений черных металлов, неметаллических полезных ископаемых и угля, характеризующих сравнительно простым геологическим строением и равномерным распределением полезного компонента, длина проб от 2 до 5 м.

Чем сложнее геологическое строение и неравномерность распределения полезных компонентов, тем меньше интервал опробования. Длина керновой пробы уменьшается до 1 – 2 м для месторождений цветных и редких металлов и до 0,5 - 1,0м при разведке золоторудных месторожде-

ний. В случае неоднородности оруденения возможно секционное опробование. А при разведке рудных тел с нечеткими границами, когда промышленный контур выявляется только опробованием (например, месторождения Cu и Mo), керновые пробы отбираются с учетом пересечения всего оруденелого интервала.

Обычно в пробу идет 1/2 керна, а вторая половина остается в качестве дубликата (для возможных повторных и дополнительных исследований). При недостаточном выходе керна в пробу отбирается шлам и даже буровая муть, что безусловно снижает достоверность получаемых данных.

- 8) **Отбор проб монолитов.** Пробы отбираются при разведке месторождений декоративных и облицовочных камней (мраморы, граниты, яшма и др.) При геологоразведочных работах пробы отбираются вручную, чтобы не нарушить первичную структуру породы, а в производственных условиях с помощью ленточных алмазных пил как, например, на Колыванском камнерезном заводе. Применение взрывных работ категорически запрещается!
- 9) **Шлиховой** способ. Является одним из древнейших методов поисков месторождений драгоценных металлов, ювелирных камней, абразивных материалов, редких металлов. Отбор производится или из рыхлых, преимущественно аллювиальных отложений, или из прото-лочек. Места отбора проб, это участки речных долин, наиболее благоприятные для накопления тяжелых минералов (плотность более 3г/м^3). Шлиховые пробы промываются на специальных приборах (лотках, ковшах), стационарных промывочных машинах. Наиболее важным для сохранения минералов является их высокая химическая стойкость.

Для облегчения диагностики составляющих минералов шлихи (концентрат тяжелых минералов) предварительно разделяются на фракции: магнитную, электромагнитную, тяжелую (в тяжелых жидкостях) и легкую. Магнитная фракция шлиха содержит магнетит, титаномагнетит, пирротин; электромагнитная - гематит, ильменит, хромит, вольфрамит, оливин; тяжелая - алмазы, платину, платиноиды, золото, серебро, шеелит, киноварь, барит, топаз; легкая - кварц, берилл, полевые шпаты.

2.5.2. ОБРАБОТКА ПРОБ

Процесс обработки проб традиционно включает следующие операции: 1) измельчение (дробление); 2) просеивание (грохочение); 3) перемешивание; 4) сокращение. Все эти операции производятся либо вручную, либо механическим способом в зависимости от места проведения и технико-экономических соображений. Возможно совмещение отдельных операций.

Измельчение

Измельчение-разрушение (дезинтеграция) твердого материала для доведения его размера до требуемой крупности гранулометрического состава или заданной степени раскрытия минералов. Обычно применяется такая последовательность измельчения: крупное (100- 30 мм), среднее (12-5 мм), мелкое (3-0,7 мм) и тонкое (0,15-0,07 мм). Промышленность выпускает ряд дробилок и истирателей для различной степени измельчения руды, угля и других твердых минералов. Для среднего и мелкого дробления используются щековые и валковые дробилки, обеспечи-

вающие измельчение до 1 - 5 мм. Максимальная крупность кусков поступающая в дробилки 50-60 мм, а на валки 15 мм.

Тонкое измельчение до 0,15-0,07 мм осуществляется с помощью шаровых мельниц и различных истирателей (вибрационных, дисковых).

При поисково-разведочных работах до сих пор наряду с механическим используется и ручное измельчение проб.

Измельчение применяют в горной, металлургической и других отраслях промышленности. В цветной и черной металлургии измельчению подвергается практически весь объем горной массы.

В черной металлургии в процессе рудоподготовки минеральное сырье дробится и измельчается, из него удаляется пустая порода и вредные примеси, руда равномерно перемешивается, добавляются отсутствующие в природном минеральном сырье вещества, необходимые для дальнейшего процесса. Полученная шихта подвергается термической обработке для удаления влаги и оставшихся вредных примесей.

Измельчение обычно соединяется с предварительным грохочением; весь исходный материал сначала поступает на грохот, в дробилку направляются лишь крупные куски, а подрешеточный материал уходит дальше, минуя дробилку.

Для углей сортировка грохочением является обязательным процессом, независимо от того, подвергается ли уголь дальнейшему обогащению. В случае непосредственного использования угля класс крупности определяет направление использования конструкции устройств для сжигания.

Просеивание

Для просеивания небольших по весу проб используются стандартные наборы лабораторных сит. Крупные пробы просеиваются на специальных грохотах. Грохотом называется устройство для разделения сыпу-

чих материалов по крупности частиц на просеивающих поверхностях с калиброванными отверстиями, с целью получения продуктов различного гранулометрического состава. Грохочение применяют не только при проведении геологоразведочных работ, но и в горной промышленности для грохочения угля, руд, щебня, других сыпучих материалов. Конструкции грохотов самые разнообразные, но наиболее употребимы колосниковые и вибрационные грохоты, а также гидроуклоны.

Перемешивание

Перемешивание является важной операцией, обеспечивающей равномерное распределение рудных и нерудных минеральных компонентов. Оно осуществляется каждый раз после дробления пробы перед её сокращением.

Перемешивание проб в полевых условиях производится вручную или с помощью делителя Джонса на специально оборудованных площадках, а в стационарных разведочных партиях и на действующих рудниках в хорошо оснащенных лабораториях. Эта операция осуществляется каждый раз после дробления пробы перед её сокращением.

Сокращение

Сокращение проб является заключительной операцией обработки, назначение которой состоит в уменьшении материала пробы до величины, достаточной для аналитических исследований. Все предшествующие операции (от дробления пробы до её тщательного перемешивания) являются подготовительными, необходимыми для получения требуемой крупности и равномерного состава. Кратное сокращение применяется при обработке валовых проб; отбитая горная масса сокращается в 2, 5, 10 раз, т.е. в пробу отделяется каждая вторая, пятая или десятая часть, вагонетка или иной сосуд заполненный горной массой.

Пробы малого веса (как начальные, так и полученные в конечной стадии процесса обработки из проб большого веса) сокращаются раз-

личными способами, из которых наиболее употребимы квартование и делитель Джонса.

Считаем целесообразным в данном разделе кратко остановиться на обогащении минерального сырья.

Обогащение сырья понимается как совокупность процессов и методов концентрации минералов при первичной переработке твердых полезных ископаемых. Производится определение обогатимости полезного ископаемого и выбор схемы обогащения.

Обогащение минерального сырья состоит в разделении минералов по физическим свойствам: прочности, форме, плотности, магнитной восприимчивости, электропроводности, смачиваемости, но без изменения их агрегатно-фазового состояния, химического состава, кристаллохимической структуры.

При разной плотности разделяемых минералов применяются гравитационные методы обогащения (отсадка, концентрационные столы и др.). Различие в физико-химических свойствах разделяемых поверхностей лежит в основе флотации. Различные по магнитным или энергетическим свойствам минералы выделяются соответственно магнитной или электрической сепарацией. Для смешанных железных руд типична гравитационно-магнитная, для марганцевых руд - гравитационно-флотационная сепарации.

Обогащение полезных ископаемых позволит существенно увеличить концентрацию ценных компонентов. Содержание тяжелых цветных металлов (Cu, Pb, Zn) в рудах составляет 0,3-2 %, а получаемых концентратах 20-70 %, зольность угля снижается от 20-35% до 8-15% . В задачу обогащения полезных ископаемых входит также удаление вредных примесей минералов (мышьяка, серы, кремния и др.). Извлечение ценных компонен-

тов в концентрат в процессе обогащения полезных ископаемых от 60% до 95%.

2.5.3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Испытания, которым подвергаются пробы, отбираемые в процессе разведки месторождений можно подразделить на следующие группы:

- 1) спектральные полуколичественные и качественные анализы, выполняемые с целью определения всех элементов в рудах (а также некоторые другие скоростные методы);
- 2) химический анализ, производимый для определения содержания полезных компонентов и вредных примесей;
- 3) минералогические исследования, имеющие целью установление минерального состава, размеров зерен, структуры и текстуры полезного ископаемого;
- 4) технологические испытания (в том числе и россыпного материала), выполняемые для наиболее эффективного способа переработки или прямого использования полезного ископаемого;
- 5) технические испытания, определяющие физические свойства полезного ископаемого, что необходимо для выяснения его качества и горнотехнологических условий эксплуатации, а также для подсчета запасов.

Спектральный анализ

Все спектральные исследования выполняются на промышленных установках или в специальных лабораториях и углубленное изучение этих операций выходит за пределы данного курса. Спектральный анализ - физический метод определения химического состава веществ, основанный на использовании спектров электромагнитного излучения, поглощения, отражения или люминесценции. Спектральный анализ подразделяется на качественный и количественный. Применяется на всех стадиях поисковых и

разведочных работ, при изучении месторождений, в минералогических исследованиях - для определения свыше 70 элементов при содержаниях от 10^{-6} - 10^{-5} % до десятка %.

Спектральный анализ является универсальным экспресс-методом, он позволяет одновременно определять большое количество химических элементов (до 40), но уступает по точности химическому анализу, т.е. является количественно-приближенным. Те участки рудных тел или отдельные пробы, в которых установлено аномальное содержание элемента, подвергаются химическому анализу. Особенно широко применяется спектральный анализ при геологических методах поисков.

Минералогический анализ

Минералогический анализ проводится с целью изучения минералогического состава и структурных особенностей минерального сырья. Определяются физические свойства минералов, взаимоотношение зерен минералов, последовательность их выделения, количественное соотношение минералов. Минералогический анализ применяется:

1. для предварительного разделения руд на сорта, соответственно их природным типам и предполагаемым технологическим свойствам;
2. для корректирования результатов химических анализов;
3. для расчета фазовых анализов.

Для россыпных месторождений золота, платины, алмазов эти данные являются наиболее достоверными для подсчета запасов. Очень важны данные минералогического анализа для технологических целей. Обычно минералогическое опробование является основным видом исследования полезного ископаемого, а вспомогательным - при химическом, технологическом и техническом опробовании. Особую роль минеральный состав и физические свойства минералов играют в установлении технологических

сортов нерудных полезных ископаемых. Решающее значение минералогический анализ имеет при оценке качества россыпных месторождений (Au, Pt, алмазов и др.).

Химико-аналитические исследования

Проводятся с целью определения химического состава исследуемого материала и содержания в них полезных и вредных примесей. Например, для металлических полезных ископаемых (железо) определяются: содержание основного компонента (Fe); содержание сопутствующих полезных компонентов (Ti); содержание вредных примесей (P, S, As, Zn), содержание полезных примесей (Cr, Mn, Co, Ni). Для неметаллических полезных ископаемых определяется содержание полезного компонента (например в магнезите – MgO). Точные химические анализы являются основой для определения качества и запасов полезного ископаемого по результатам геологоразведочных работ. Химическое опробование широко применяется при изучении качества добываемой рудником руды, а также при контроле содержания полезных компонентов в хвостах и концентратах при переработке руды на обогатительной фабрике. По данным химического опробования производится разбивка рудного тела на отдельные блоки и участки. Химический анализ характеризуется точностью до сотых долей процента, но высокой стоимостью и длительностью проведения анализа. Наиболее жесткие требования к точности химических анализов предъявляются при опробовании бедных руд.

Для определения компонентов, подлежащих химическому анализу, обычно используются результаты полуколичественного спектрального анализа. При разведке угольных месторождений применяется элементный анализ.

Элементный анализ. Это определение органической массы углей - (C, H, O, N, S, P).

Углерод – его содержание определяет теплоту сгорания углей. Один килограмм углерода при сгорании выделяет 8140 ккал. Содержание углерода в бурых углях составляет 60-70%, в каменных 75-90%, а в антрацитах до 93,5 %.

Водород - вторая основная часть углей. Чем больше уголь содержит водорода, тем выше его теплота сгорания и тем больше из него можно получить жидких продуктов. Теплотворная способность водорода в несколько раз выше теплотворной способности каменных углей.

Кислород - балластная примесь. Его содержание убывает от бурых углей 10 - 30%, до антрацитов, где его содержание 1-2%.

Азот - содержится в углях в количестве 1-3%, он не влияет на качество угля, но при повышенных содержаниях является сырьем для химической промышленности (производство азотистых удобрений, азотной кислоты и др.)

Сера и фосфор относятся к вредным примесям, они снижают качество выплавляемого металла.

2.5.4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Технические испытания проб, выполняемые в процессе разведочных работ, целесообразно разделить на три группы:

1. испытания, необходимые для подсчета запасов;
2. испытания, необходимые для выяснения горно-технологических условий эксплуатации месторождения;
3. испытания, необходимые для определения качества минерального сырья.

Испытания, относимые к первой группе, также используются для выяснения горно-технологических условий эксплуатации, но разведчику они необходимы прежде всего для подсчета запасов. Поэтому, если ис-

пытания второй группы могут проводиться в конце разведки, то испытания, необходимые для подсчета запасов, должны выполняться в самом начале разведочных работ (хотя получаемые данные обычно впоследствии уточняются).

К первой группе испытаний относятся определения объемного веса. Эти показатели не требуют определения в специальных лабораториях. Способы таких испытаний весьма просты и общеизвестны.

Среди технических испытаний второй группы наибольшее значение имеют: определения кусковатости руд, коэффициента разрыхления, пористости, твердости, пластичности, вязкости, сопротивления раздавливанию, степени размокания и набухания (для рыхлых глинистых руд и, частично, вмещающих горных пород). Они выполняются в специальных лабораториях.

Испытания, составляющие третью группу, сугубо индивидуальны для каждого вида полезного ископаемого, так как методы и задачи этих испытаний определяются видом и назначением минерального сырья (прозрачность оптических кристаллов, твердость абразивов, оттенки цвета минеральной краски, сопротивление раздавливанию строительного камня, теплотворная способность минерального топлива и т. д.). Они в большинстве случаев составляют предмет специальных исследований, сущность которых освещается в соответствующих прикладных дисциплинах, изучающих условия применения и использования того или иного минерального сырья.

Технический анализ угля

В составе углей, наряду с органическими веществами присутствуют минеральные примеси, являющиеся обычно балластом. Для оценки углей важно знать соотношение между этими составными частями. Технический анализ состоит в определении влажности (W), зольности (A), выхода лету-

чих веществ (V), содержания серы (S_{06}), теплоты сгорания (Q) и коксового остатка.

Влажность снижает теплоту сгорания углей. Угли делятся на три группы: B_1 - с влажностью более 40%, B_2 -30-40%, B_3 -30% и менее. Влажность определяется при нагревании до 105^0 С или при просушивании в эксикаторе над концентрированной серной кислотой. 1% влаги снижает теплопроводную способность углей на 6 ккал.

Зольность. Зола - твердый несгораемый остаток, образующийся из минеральных примесей углей, по весу она не равна минеральным примесям, т.к. часть из них превращается в газ и водяные пары. Каждый процент золы снижает производительность домны на 2,5 %. Допустимая зольность для коксующихся углей менее 10 %, при большом содержании золы требуется обогащение углей. Основные компоненты, составляющие золу: оксиды Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, подчиненное значение имеют оксиды Ti и Mn.

Выход летучих веществ. Относится к горючей части; при сухой перегонке уголь частично переходит в летучие вещества (CH_4 , H, CO, CO_2 и др.) Летучие вещества очень ценны. Они обладают способностью гореть, а также составляют основу для получения различных химических продуктов: красителей, пластмасс, ароматических и взрывчатых веществ.

Коксовый остаток. Это твердый остаток, остающийся после удаления летучих, в зависимости от качества углей имеет различный вид. Он может быть порошковым - неспекшимся, спекшимся, сплавленным или вспученным. Спексающая способность углей выражается в способности при нагревании в определенных условиях соединяться в одно целое и давать достаточно прочный твердый остаток с пористой структурой - кокс металлургического типа. Угли, дающие порошкообразный остаток, являются неспекающимися и пригодны только для энергетических целей.

Сера - вредная примесь в углях, особенно коксовых, вызывает повышенный расход кокса при плавке руды и ухудшает качество железа. По

содержанию серы угли делятся на группы: малосернистые (до 1,5%), среднесернистые (1,5-2,5%), сернистые (2,5-4%), высокосернистые (более 4%). Последние не пригодны для использования в черной металлургии без предварительного обогащения.

Теплота сгорания углей примерно составляет 24,62 кДж/кг. Она определяется экспериментальным методом - путем сжигания угля в калориметрической бомбе, и расчетным путем, по формулам. Наибольшей теплотой сгорания обладают антрациты и тощие угли.

Во многих случаях, особенно при оценке неметаллических полезных ископаемых, кроме исследования технических свойств должны быть проведены и химические анализы сырья (огнеупорные и керамические глины, известняки как флюсы, каолин, тальк и т.д.). Для некоторых полезных ископаемых (формовочные пески) проводится и гранулометрический анализ.

2.5.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Они предназначены для разработки рациональных схем обогащения минерального сырья, при этом выявляются показатели обогатимости руд: выход концентрата, извлечение металла в концентрат, содержание металла в концентрате и в “хвостах” обогащения. При технологических испытаниях проб проводятся и другие аналитические исследования (химический, минералогический анализ и др.). Обычно технологические испытания выполняются в три стадии (лабораторные, полузаводские и заводские /опытная плавка/) и по их результатам определяется возможность и эффективность металлургического передела на действующем перерабатывающем предприятии.

Технологические испытания проводятся с целью выявления технологических свойств минерального сырья: степени обогатимости, сортировки, плавкости, химического восстановления и т.п. Технологические испытания полезных ископаемых производятся на различных стадиях их

разведки от поисково-разведочных работ вплоть до начала эксплуатации и продолжаются во время эксплуатации месторождения.

В процессе поисково-разведочных работ, чаще всего в конце их или в самом начале предварительной разведки, эти испытания становятся необходимыми: 1) при благоприятной геологической обстановке и при прочих условиях, позволяющих форсировать промышленное освоение объекта, или 2) когда возможность освоения сырья с технологической точки зрения не выяснена даже приблизительно. На стадии поисково-разведочных работ и в начале стадии предварительной разведки обычно производятся предварительные технологические испытания в лабораторных условиях.

На начальных стадиях разведки месторождения технологические испытания проводятся только для решения вопроса о возможности рациональной переработки минерального сырья. 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 опытном или уже действующих промышленных предприятиях, потребляющих данное сырье. В этот период испытываются пробы по всем промышленным сортам полезного ископаемого и на основании этих 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 анализа. Затем выполняется полный химический анализ руды по комплексу тех элементов, которые установлены спектральным анализом в значительном количестве. Другие вспомогательные исследования - люминесцентный, радиометрический, термический анализ 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 (0,2 - 2 мм); тонкие - флотацией, выщелачиванием (0,02-0,2 мм); весьма тонкие - отмучиванием (0,002-0,02 мм). Сплошные руды с массивной текстурой обычно идут в плавку без обогащения.

Технологические испытания проб из россыпей преследуют, главным 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. 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-промышленным, которые характеризуют 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 пока-

зателями 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 промышленным пробам на каждом участке месторождения позволяют решать вопросы селективной добычи угля и наиболее рационального его использования.

2.6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ РАЗВЕДКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Результаты геологоразведочных работ, получаемые после проведения полевых наблюдений, буровых и горнопроходческих работ, выражаются в виде графических, цифровых и текстовых документов, составленных по данным геологической документации и опробования изучаемых объектов. Геологическая документация определяется следующими требованиями: объективностью отображения наблюдаемых фактов; использованием единых условных обозначений; краткостью текстовых описаний; тщательностью и аккуратностью исполнения; тщательностью, аккуратностью и точностью в изложении геологических данных, позволяющими всем полностью понимать их; высоким уровнем подготовленности кадров, занимающихся документацией; непрерывным повышением квалификации работающих.

2.6.1. Виды геологической документации

Могут быть выделены следующие виды геологической документации: 1) иллюстративно-текстовой материал – зарисовки забоев и других элементов горных выработок, уступов карьеров с их привязкой, описанием и т. д.; 2) табличный материал – журналы описания скважин, опробования, иные документы; 3) каменный материал – образцы штуфов, керн и шлам скважин, шлихи, шлифы, аншлифы и др.; 4) материалы фотодокументации.

Объектами геологической документации являются: а) близповерхностные (неглубокие) поисковые и геологоразведочные выработки (шурфы, рассечки из шурфов, канавы, траншеи); б) подземные горные выработки, пройденные по простиранию рудных тел и вмещающих их пород (штреки), вкрест простирания рудных тел (квершлагги, орты, рассечки), по падению или восстанию залежей (восстающие, уклоны, гезенки); в) открытые

горные выработки, (уступы карьеров); г) буровые скважины разведочного и технологического назначения (рис. 15 – 17).

Могут быть названы следующие формы геологической документации: первичная (полевая), тематическая (специальная), окончательная (чистовая) и сводная (обобщающая).

Первичная (полевая) документация – точное и объективное фиксирование всех геологических деталей исследуемого объекта в естественном или искусственном обнажении. Первичная документация выполняется в виде зарисовок горных выработок или керна скважин. Первичная документация включает в себя сбор, запись информации в ходе систематического изучения геологических объектов при проведении разведочных и эксплуатационных работ. В состав этих работ входит заполнение пикетажных книжек, журналов геологической документации забоев подземных выработок, уступов карьеров; журналов первичной документации разведочных и эксплуатационных скважин, журналов опробования, гидрогеологических наблюдений, каталогов образцов горных пород, руд, дубликатов и т. д. Первичная документация производится в полевых книжках в масштабах 1:20 – 1:200 с зарисовками особо интересных деталей в более крупном масштабе и указанием мест отбора проб и образцов.

Тематическая (специальная) документация проводится при специальных исследованиях (минералогических, геофизических, геохимических), а также для изучения изменчивости и закономерности распределения оруденения. Результаты тематических исследований отображаются на специализированных картах, планах и графиках в масштабах от 1:1 (1:20) до 1:100, иногда более мелкого масштаба.

Окончательная (чистовая) документация, выполняется на основе полевых зарисовок, но с обязательной корректировкой данных по итогам опробования, минералого-петрографического изучения каменного материала. Она включает в себя подготовку альбомов чистовых зарисовок горных вы-

работок, очистных забоев, заполнение альбомов зарисовок отдельных характерных деталей геологического строения месторождений, колонок и паспортов скважин, журналов послойного литолого-петрографического описания керна, оформление журналов опробования, заполнение журналов подсчета качества руды во взрывных блоках, ведение реестра скважин, каталога образцов, подготовку эталонной коллекции руд и пород.

Окончательная документация оформляется в специальных альбомах, журналах, обычно изготавливаемых из миллиметровой бумаги. В начале альбома помещаются следующие данные: название рудника, участка, применяемые условные обозначения. На каждом листке обязательны: привязка объекта документации (геологическая, горнотехническая), указание масштаба зарисовки, ориентировки плоскости наблюдения, фамилия геолога; выполнившего документацию, дата.

Сводная документация представляет собой обобщение всех видов документов для получения представления о геологическом строении изучаемого объекта, о закономерностях распределения оруденения и компонентов в нем, об основных показателях перспективных участков изучаемых месторождений.

Сводную геологическую документацию получают в результате обобщения данных первичной документации. Материалы, полученные при эксплуатации месторождения, должны быть обязательно обработаны и обобщены для их дальнейшего использования. Направления подобных обобщений могут быть, например, такие: 1) составление сводных графических материалов с целью установления основных особенностей строения месторождения, вещественного состава руд, характера распределения компонентов; 2) сопоставление результатов геологоразведочных работ с данными эксплуатации с целью обоснования оптимальных методик разведки, систем опробования; 3) исследование закономерностей размещения

оруденения с целью прогнозирования его на фланги, глубокие горизонты месторождения и т. д.

Сводные геологические документы обычно представляют собой графические материалы, дающие полное представление об основных геологических, горнотехнических, технологических и иных показателях месторождения; они служат основой для планирования, развития добычных работ.

2.6.2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ РАЗВЕДКЕ

Геологическая документация составляется на все виды разведочных работ. Она служит основной формой регистрации геологических параметров и свойств изучаемых, при разведке объектов. Принято различать так называемую первичную (полевую) геологическую документацию разведочных горных выработок и скважин, отбора и обработки проб, и документацию, составленную в процессе камеральной обработки исходных первичных материалов.

Документация горных выработок ведется в специальных пикетажных книжках. В них в условных обозначениях (по легенде) делают зарисовки в масштабе 1:100 и геологическое описание к ним. В выработках, пройденных вкрест простирания продуктивных залежей, зарисовывают: в канавах – дно и одну из длинных стенок; в квершлагах, рассечках и ортах – стенки и кровлю. В выработках, пройденных по простиранию рудных тел, ограничиваются зарисовками: в траншеях – дна, а в штреках при крутом падении тел – кровли и опробованных забоев. В восстающих зарисовывают обычно одну из узких стенок, ориентированных вкрест простирания рудного тела.

На зарисовках указываются места отбора проб и образцов с привязкой их к топогеодезическим или маркшейдерским точкам, фиксируются

состав руд и пород, характер приконтактовых изменений, элементы залегания контактов и тектонических разрывных нарушений.

Документация разведочных колонковых скважин ведется в стандартном журнале геологической документации, где приводится зарисовка и описание керна скважин, указываются интервалы взятия проб.

Документация отбора проб является составной частью геологической документации. Каждая проба должна иметь этикетку с указанием в ней номера пробы, места взятия, краткого описания ее состава, перечня компонентов, подлежащих аналитическому определению. Эти данные и результаты анализов заносятся в журнал опробования. Процесс обработки проб фиксируется в специальном журнале, находящемся в проборазделочной.

На основе исходной документации, топогеодезических и маркшейдерских планов составляют крупномасштабные геологические планы, разрезы и проекции рудных тел, планы опробования и другие материалы.

2.6.3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ИЗУЧЕНИЮ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА СТАДИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При проведении полевой геологической документации должны изучаться и описываться: сорта и типы руд, типы пород; минеральный состав руд и пород; взаимоотношения минералов, последовательность их выделения; текстурно-структурные особенности руд и пород; признаки литологического контроля оруденения; элементы залегания контактов руд с вмещающими породами; характер контактов (резкий, постепенный, стратиграфический, тектонический и т. д.); структурные наблюдения – элементы залегания (азимут, угол падения), слоистости, сланцеватости, полосчатости, трещиноватости пород и руд; дизъюнктивные нарушения с подразделением их на дорудные, внутрирудные, послерудные (наибольшее внимание уделяется ситуациям, подтверждающим структурный контроль оруде-

нения); околорудные измененные породы (метасоматиты); гипергенные изменения пород и руд.

Систематически производится отбор образцов для изучения петрографического и минерального состава руд. Для единого макроскопического определения пород и руд создается и пополняется эталонная коллекция, при возможности – музейная коллекция. При формировании коллекций необходимо соблюдать следующие требования: каменный материал должен включать все разновидности пород и руд, известные на месторождении; состоять из хорошо обработанных стандартных (12 x 9 x 3 см) образцов (отдельные ценные образцы могут быть любого размера); каждый образец должен иметь привязку, а места отбора отмечены в документации; образец маркируется и снабжается этикеткой, где приводятся номер образца, место отбора, краткое полевое описание, дата отбора, фамилия работника, отобравшего образец.

Принимая во внимание, что глубокие горизонты месторождений могут характеризоваться динамическими проявлениями горного давления, геологическая служба шахт и карьеров фиксирует в журналах первичной документации следующие элементы: 1) стреляние, пучение, шелушение, отслоение, вывалы, куполение и интенсивное заколообразование горных пород; 2) удельную трещиноватость, значение растяжения трещин, пространственную ориентировку разрывных нарушений и зон трещиноватости; степень увлажненности трещин и т. д.

Кроме того, путем массовых замеров трещин в горных выработках устанавливается тип деформации горных пород; выделяются трещины отрыва, сжатия и скалывания, изучается мелкая трещиноватость, что важно не только для характеристики физико-механических свойств горных пород, но и для реставрации кинематики тектонических подвижек в периоды, предшествующие процессам рудоотложения и сопровождающие их.

О всех выявленных зонах, представляющих повышенную опасность в отношении горных ударов, геологическая служба немедленно информирует руководство шахт, делает соответствующие записи в журналах геолого-маркшейдерских замечаний. Систематически документируются сведения об обводненности выработок, выделениях газов.

Перед началом выполнения первичной геологической документации участковый геолог должен тщательно осмотреть объект и убедиться в возможности безопасного ведения работы. Начинается документация с привязки забоя к маркшейдерским точкам (если они отсутствуют – к другим выработкам). Документация ведется в полевых книжках (пикетажах). Записки при производстве массовой документации осуществляются в определенном масштабе (обычно 1:100 – 1:200).

Выявленные, при первичной геологической документации, особенности геологического строения месторождения (участка месторождения) наносят на гипсометрические планы. Сечение горизонталей рельефа выбирается в зависимости от принятого масштаба и углов падения пластов. Для плана масштаба 1:5000 – 10000 сечение между горизонталями при крутом падении проводится через 100 – 200 м, уменьшаясь при горизонтальном залегании до 5 – 10 м. При более крупном масштабе планов горизонтали соответственно сгущаются, при более мелком – разрежаются. На плане (для угольных месторождений) отстраиваются линии пересечения пласта плоскостями всех выявленных разрывных нарушений, оси основных и дополнительных складок, границы промышленного распространения пласта, линии его расщепления, граничные линии распространения углей различного качества по марочному составу и т.п. Иногда показываются - уровень зоны окисления и выветривания, уровень подземных вод и т.д.

Гипсометрические планы, как правило, являются графической основой для подсчета запасов, поэтому на них вблизи точек пересечения пласта

выработками наносятся: номер выработки, вскрывшей пласт, нормальная мощность пласта и данные о его строении, абсолютная отметка пересечения почвы пласта. Основные показатели качества угля по пластопересечениям – зольность, выход летучих веществ, толщина пластического слоя, сернистость. При небольшой мощности пластов и редкой сети разведочных выработок вблизи точек под сечения пласта выработками наносятся структурные колонки пластов, что позволяет более наглядно отобразить пространственные изменения его морфологии на оцениваемой площади. Масштаб колонок угольных пластов ("стопок") - 1:50; для мощных и сверхмощных пластов он уменьшается.

В соответствии с кондициями оконтуриваются площади подсчета балансовых и забалансовых запасов, выделяются подсчетные блоки, производится подразделение запасов по категориям. И, наконец, наносятся технические границы шахт.

При разведке рудных месторождений, погоризонтные геолого-маркшейдерские планы отстраиваются на маркшейдерской основе. На планы наносят все разведочные скважины, горные выработки, линии разрезов. У устья скважин показывают данные, отражающие результаты опробования рудной скважины на характеризуемом интервале. На план наносятся структурные элементы, контуры стратиграфических подразделений, технологические сорта и типы руд и т.д. Пополняются планы систематически, по мере продвижения забоев.

Поперечные геологические разрезы составляются по данным разведочных скважин и горных выработок, секущих рудное тело вкрест простирания. В складчатых районах разрезы ориентируются вкрест простирания пород; для дополнительного обоснования структурных построений и параллелизации пластов проходятся несколько профилей (т.н. опорные профили) по простиранию пород.

При построении разрезов должны учитываться зенитные и азимутальные искривления стволов скважин.

На геологических разрезах отражаются: литологический состав и элементы залегания пород, глубина залегания почвы, а иногда и кровли пластов, их индексация, мощность и строение; горизонты абсолютных отметок, отметки эксплуатационных горизонтов, границы отводов, действующих, строящихся и запроектированных предприятий.

Между выработками трассируются угольные пласты, маркирующие горизонты и разрывные нарушения. Маркирующими горизонтами являются угольные пласты, при этом учитывается: 1) положение пласта в стратиграфическом разрезе пород угленосной толщи и относительно других пластов; 2) мощность и строение пласта; 3) петрографический состав угля; 4) особенности качества угля - зольность, сернистость, выход летучих веществ; 5) типичные минеральные включения, остатки флоры. Дополнительными диагностическими признаками служат - смена литологических разностей пород, мощности междупластий и др.

Для многопластовых месторождений (например, в Кузбассе) вычерчиваются специальные схемы параллелизации угольных пластов с крупномасштабными колонками смежных скважин, по которым более полно учитываются особенности литологического состава вскрытых пород.

При возможности (по загрузке чертежа) на геологические разрезы наносятся уровни грунтовых вод, границы зон многолетней мерзлоты, зоны окисления и выветривания пород. А при подсчете запасов на геологические разрезы наносятся границы подсчетных блоков.

Гипсометрические планы угольных пластов отражают пространственные изменения их морфологии и качества углей, структурные особенности месторождения (участка) и условия залегания углей. Эти планы являются основным обобщающим материалом результатов проведенных геологоразведочных работ, базой для производства подсчетов запасов,

разработки проектных решений, для планирования и развития горно-эксплуатационных работ. Гипсометрические планы составляются в виде проекций на горизонтальную или вертикальную плоскость.

Для построения гипсометрических планов используются геологическая карта или карта выходов пластов под наносы, погоризонтные планы, геологические разрезы и данные о глубинах подсечения пластов и разрывных нарушений в плоскости пласта эксплуатационными и разведочными выработками. На гипсометрические планы наносятся: устья выработок, вскрывших пласт и точки пересечения почвы пласта этими выработками; горные выработки по сетке. По сетке зарисовывают лишь наиболее сложные и важные (в геологическом, горнотехническом отношении) участки при детальном наблюдении. Детальная документация проводится чаще всего выборочно или при выполнении специальных исследований; результаты заносятся в специальные журналы.

Ниже описываются основные графические документы геологоразведочных работ.

Геологическая карта месторождения отражает результаты разведочных работ. На нее заносятся - местоположение естественных обнажений, устьев эксплуатационных и разведочных выработок. Все угольные пласты, их положение, структурные элементы - оси складок, разрывные разрушения и зоны. Для закрытых районов составляется карта выходов угольных пластов под покровные отложения. Эти карты составляются по результатам предварительной разведки в масштабах 1:25000 – 1:10000, по данным детальной разведки в масштабах 1:10000 – 1:5000. Геологические карты месторождения сопровождаются стратиграфическими колонками.

Вертикальные геологические разрезы являются основой, на которой производятся все последующие графические построения. Различают схематические разрезы, на которых изображаются только основные стратиграфические горизонты для установления общего характера тектоники, за-

залегания угольного пласта, геологического строения участка и детальные разрезы, охватывающие всю толщу пород, вскрытую горными выработками и разведочными скважинами, детально отражающих геологическое и тектоническое строение участка (рис. 18).

Вертикальный геологический разрез обладает наглядностью, характеризуя геологическое и тектоническое строение шахтного поля по линии данного разреза. Направление линий геологического разреза выбирается из возможности использования максимального количества фактического материала: буровых скважин, горных выработок, стволов шахт, обнажений коренных пород, расположенных как на линии геологического разреза, так и вблизи его. Желательно при построении разрезов принимать одинаковыми вертикальный и горизонтальный масштабы во избежание графических искажений. Большинство разрезов по угольным месторождениям Кузбасса составлено в масштабе 1:2000, редко в масштабах 1:1000 или 1:5000. При составлении вертикального разреза обычно строят стратиграфический горизонт, по которому имеется наибольший фактический материал.

Как отмечалось выше, геологические разрезы составляются в масштабе, который наглядно позволяет отобразить элементы, положенные в обоснование увязки разреза угленосной толщи, параллелизации угольных пластов и структурных построений.

Преувеличение горизонтального масштаба над вертикальным допустимо лишь при близком к горизонтальному залеганию пород угленосной толщи. На разрез наносят абсолютные отметки (через 50 – 100 м) и профиль поверхности, горные выработки и устья скважин, попадающие в разрез. Около устья скважин проставляются их номер, отметка, глубина.

При добычных работах на рудных месторождениях геологический разрез дает представление об условиях залегания и морфологии рудных тел, пространственных взаимоотношениях рудовмещающих пород, струк-

турных условиях локализации оруденения. На разрезах должны быть также отражены контуры рудных тел (утвержденные ГКЗ), границы руд разных типов, уровня выветрелых пород, водоносных горизонтов, зоны, опасные по инженерно-геологическим условиям и т.д. Пополнение разрезов новыми данными производится систематически.

Вертикальные продольные проекции вместе с погоризонтными планами и поперечными разрезами являются важнейшими графическими документами, характеризующими положение рудных тел в пространстве. Отстраиваются по материалам, заимствованным с погоризонтных планов, поперечных геологических разрезов. На проекции пересечение рудного тела скважиной изображается в виде утолщенной линии. Здесь показывают внешний контур рудных тел, типы руд, крупные тектонические нарушения, дайки, отработанные блоки и т.д.

В состав работ по обобщению данных геологических наблюдений также входит разнообразная математическая и иная обработка геологической информации результатов химического, минералогического, геохимического изучения руд, вмещающих пород, технологических испытаний, расчет средних содержаний полезных и вредных компонентов и многое другое.

Графические материалы должны быть выполнены, таким образом, чтобы при минимальном количестве чертежей они достаточно полно отображали обоснованность фактическими материалами произведенных геологических построений, выявленных закономерностей в изменчивости основных параметров, геолого-промышленной оценки результатов произведенного подсчета запасов. В целом геологическая документация является основой подсчета запасов и его утверждения в ГКЗ, проектирования, строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий.

2.7. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ГОРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Результаты разведочных работ должны обеспечивать проектирование и строительство горных предприятий. Однако для решения задач вскрытия, подготовки и очистной выемки возникает необходимость повышения разведанности запасов (особенно на флангах и в глубину), выявления дополнительных сведений о качестве и технологических условиях ведения горных работ. Эти задачи относятся к функциям геологической службы предприятия и объединяются в три группы:

- 1) Доразведка – выявление и оценка новых запасов полезного ископаемого в районе горного отвода для расширения минерально-сырьевой базы действующего предприятия и продление срока его существования;
- 2) Эксплуатационная разведка – уточнение данных о разведанных запасах по мере их вскрытия, подготовки и отработки, т.е. повышение степени разведанности запасов;
- 3) Текущие задачи геологической службы – детализация сведений о геологическом строении месторождения и составе полезных ископаемых для контроля за качеством и полнотой отработки запасов, а также для совершенствования технологии разработки месторождения и переработки минерального сырья.

Геологоразведочные работы, предусматривающие решение указанных задач, проводятся, как правило, одновременно на разных участках месторождения. Они тесно взаимосвязаны и составляют основу геологического обеспечения, рациональной эксплуатации месторождения полезных ископаемых.

2.7.1. ДОРАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ. ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРАЗВЕДКИ

При эксплуатации горного предприятия в пределах горного отвода проводятся разведочные работы для выявления новых залежей и участков полезного ископаемого. Они выполняются ведомственной геологической службой за счет геологоразведочных средств. Затраты на доразведку не входят в себестоимость продукции данного горнодобывающего предприятия.

Если детализация возникает на стадии проектирования предприятия, то работы проводятся специализированными организациями.

Доразведка месторождения, не освоенного промышленностью, осуществляется с целью дополнительного его изучения на стадии проектирования, до вовлечения в эксплуатацию. Необходимость проведения доразведки может возникнуть в связи с пересмотром намечавшихся масштабов и технологии добычи, способа и схемы вскрытия месторождения, направления использования минерального сырья и технологических схем его переработки, а также при изменении кондиций. Это может быть вызвано и недостаточностью геологической информации, её несоответствие требованиям классификации запасов месторождений и прогнозирования ресурсов твердых полезных ископаемых. Результаты работ по доразведке оформляются в виде отчета, при необходимости производится пересчет запасов с утверждением в установленном порядке.

Доразведка разрабатываемого месторождения имеет другие задачи – это расширение минерально-сырьевой базы за счет изучения слабозведанных участков месторождения: фланги и прилегающие к месторождению перспективные участки, глубокие горизонты.

Задачи доразведки таковы:

- 1) последовательное уточнение геологического строения месторождения, горно-геологических условий и качества полезного ископаемого на недостаточно детально разведанных (изученных) участках;
- 2) расширение общих контуров месторождения за счет выявления и оконтуривания новых участков, зон и залежей полезного ископаемого, как по площади, так и на глубину;
- 3) детализация данных по предварительно оцененным участкам, продуктивным зонам и залежам с переводом их запасов в категории разведанных для восполнения отработанных запасов или расширения сырьевой базы действующего предприятия;
- 4) дополнительное изучения вещественного состава и технологических свойств полезного ископаемого, геолого-технологическое картирование с учетом новых данных, уточнение и при необходимости пересмотр стандартов к качеству минерального сырья;
- 5) геолого-экономическая переоценка месторождения с учетом вновь выявленных запасов и ресурсов минерального сырья.

Плотность разведочной сети при доразведке месторождения должна учитывать плотность сети детальной разведки, результаты сопоставления материалов разведки и эксплуатации, а также технологию разработки. Данные по отработанным участкам повышают эффективность доразведки.

Геологоразведочные работы за пределами контуров подсчета запасов осуществляются с соблюдением их последовательности и стадийности.

Результаты доразведки обобщаются в отчете с подсчетом запасов.

Как правило, доразведка характеризуется большей плотностью разведочной сети, чем детальная разведка (в 2-4 раза). Преобладающими являются горные и горнобуровые работы при повышенной роли горных выработок по сравнению со скважинами.

Например, Норильское месторождение меди и никеля 1-2 категории сложности. Система разведки:

- детальная стадия – буровая;
- доразведка – буровая, горнобуровая по сетке;
- эксплуатационная разведка – буровая, горнобуровая по линиям.

Параметры сети для категории запасов, м:

А – 30х60; В – 60х120; С – 120х240

А – 15х30; В – 30х60; С – 60х120

15х30 (эксплуатационная разведка)

В исключительных случаях доразведка может привести к открытию нового месторождения, что потребует полной переоценки масштаба горного производства и строительства нового промышленного комплекса. Тогда разведка в пределах горного отвода приобретает самостоятельное значение как разведка нового промышленного месторождения.

2.7.2. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА

Выделяются опережающая и сопровождающая разведка. Первая совмещается с проходкой горноподготовительных, горнокапитальных и нарезных выработок. По ее результатам определяются и уточняются запасы, качество и пространственное размещение полезного ископаемого. Разведочные работы ведутся в пределах выемочного участка и эксплуатационного блока, подготавливаемых к очистной выемке. Опережение очистных работ 1-2 года.

Данные разведки используются для локального проектирования выработок, текущего (годового) планирования горных работ.

Сопровождающая эксплуатационная разведка опережает развитие очистных работ. Ее цели – уточнение контуров отдельных тел и локальных скоплений полезного ископаемого, запасов и качества, пространственного размещения технологических сортов, пустых пород и некондиционных

участков в пределах каждого отрабатываемого блока. На результатах геологоразведочных работ основываются: оперативное (месячное) и декадно-суточное планирование, оперативно-диспетчерское управление, а также корректировка добычных работ, постоянный контроль за полнотой и качеством отработки запасов, определение и учет фактических показателей потерь и разубоживания.

Основными задачами эксплуатационной разведки являются:

- 1) изучение вещественного состава, структурно-текстурных особенностей и технологических свойств полезного ископаемого;
- 2) оконтуривание блоков пустых пород и некондиционных участков, прослеживание контактов полезного ископаемого с вмещающими породами, а также границ технологических типов (сортов);
- 3) уточнение физико-механических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, гидрогеологических и инженерно-геологических условий отработки конкретных участков и блоков;
- 4) оперативный подсчет запасов по выемочным участкам и единицам (блокам), учет их состояния и движения.

При эксплуатационной разведке происходит нарушение принципа полноты исследований. Разведочные выработки часто не пересекают продуктивную зону или залежь на всю мощность, а проходятся для решения какой-либо частной задачи, например, для установления одного из контактов, амплитуды смещения, прослеживания тектонически нарушенных зон.

Параметры разведочной сети зависят как от геологических, так и от технологических факторов.

Результаты разведки используются не только для оконтуривания и оценки качества полезного ископаемого, но также для контроля за полнотой и качеством отработки запасов.

При эксплуатационной разведке производится оперативная оценка запасов по степени разведанности и подготовленности. По этому признаку выделяют запасы вскрытые, подготовленные, готовые к выемке и в охран-ных целиках. Соотношения запасов разных групп неодинаковы на место-рождениях, отличающихся по сложности геологического строения. Они зависят от вида минерального сырья, производительности и темпа горно-добычных работ.

Эксплуатационная разведка выполняется за счет основных фондов горного предприятия, затраты относятся на себестоимость добываемого полезного ископаемого.

Методика эксплуатационной разведки, форма и плотность разведоч-ной сети определяются теми факторами, которые в наибольшей степени влияют на подготовительные и очистные работы.

При эксплуатационной разведке, по сравнению с доразведкой и де-тальной разведкой, существенно изменяется плотность сети. При выборе плотности разведочной сети главным фактором считается достижение ми-нимальных потерь и разубоживания руд при добыче, для получения ста-бильного качества сырья за счет более детального изучения приконтурных зон и внутреннего строения рудных тел.

2.7.3. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЕЙ

Основные задачи эксплуатационной разведки следующие:

- 1) уточнение и детальное изучение тектоники шахтных полей, характе-ра изменчивости гипсометрии кровли и почвы угольных пластов, поиски смещенных частей последних;
- 2) выяснение изменчивости структуры и мощности пластов, их вещест-венного состава, обеспечение реальными запасами угля;

- 3) детальное изучение газоносности угольных пластов и газодинамических явлений для выбора схемы и расчета параметров вентиляции выработок;
- 4) изучение физико-механических свойств горных пород с целью управления кровлей и обеспечения бесперебойной работы механизированных комплексов в очистных забоях.

По данным эксплуатационной разведки проводится текущее и оперативное планирование добычи угля, разрабатываются мероприятия по безопасному ведению горных работ, предварительному осушению и дегазации угольных пластов.

Эксплуатационная разведка осуществляется путем бурения колонковых разведочных скважин с поверхности, проходки подземных выработок (орты, квершлаг и др.), а также бурения подземных скважин из горных выработок.

Применяются геофизические методы: для выявления карстовых полостей (электроразведка, сейсмоакустический метод), прослеживание тектонических разрывов угольных пластов (подземная радиолокация). В процессе эксплуатационной разведки уточняется положение водоносных горизонтов и водообильных зон путем бурения скважин из подземных горных выработок.

Дополнительное изучение физико-механических свойств горных пород при эксплуатационной разведке проводится по керну скважин, а также в подготовительных, очистных и горноразведочных выработках.

Участки, опасные по выбросу угля и газа, изучаются специально путем бурения опережающих скважин, а также путем изучения в горных выработках признаков выбросоопасности и горных ударов.

Геолого-экономическая переоценка угольных месторождений по результатам эксплуатационной разведки обязательна в случае значительного расхождения (более 20%) с данными, утвержденными ГКЗ.

2.7.4. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Документируются скважины эксплуатационной разведки, вертикальные, горизонтальные и наклонные, подготовительные и нарезные выработки.

К сводным геологическим документам относятся:

- 1) план (карта) выхода угольных пластов под покровные отложения;
- 2) гипсометрические планы или вертикальные проекции угольных пластов;
- 3) геологические рабочие планы по угольным пластам;
- 4) планы изолиний мощности (для невыдержанных угольных пластов);
- 5) планы (или вертикальные проекции) изменения качества углей в изолиниях, содержания золы, влаги, выхода летучих компонентов, серы и других качественных показателей, влияющих на технологические свойства угля;
- 6) литолого-прочностные планы пород почвы и кровли;
- 7) альбомы структурных колонок угольных пластов.

К сводной геологической документации относятся материалы камеральной обработки данных опробования, технологических испытаний, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований.

2.7.5. СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЬНЫХ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Возросшие требования промышленности к достоверности исходных геологических материалов для проектирования и строительства шахт, обусловлены интенсификацией горных работ. Они вызывают необходимость тщательного анализа материалов разведки с учетом фактических данных горных работ с целью повышения достоверности прогноза горногеологических условий эксплуатации месторождений.

Основные осложнения в процессе разработки на шахтах района вызывают мелкоамплитудные нарушения (менее 10 м) типа выбросов, реже сбросов, надвигов и зоны размыва угольных пластов (пласт Характерный, поле шахты "Красногорская"), выявить которые бурением невозможно. Буровой разведкой устанавливаются только основные элементы пликативной и дизъюнктивной тектоники. Отдельные пересечения скважинами мелкоамплитудных нарушений носят случайный характер. Эту проблему следует решать с применением комплекса геофизических исследований, в первую очередь, с помощью корреляции данных сейсмического метода и электроразведки.

Кратко остановимся на опубликованных данных. Для прогноза нарушений разведываемых угольных пластов предполагается использовать совместно данные разведочного бурения и наземных геологических исследований.

Графический способ их совместной интерпретации предусматривает построение гипсометрических планов с сечением изогипс через 10 м. При ненарушенном залегании пласта изогипсы в соседних блоках будут продолжать друг друга, а при наличии тектонической нарушения вдоль простирания выявленной зоны будут отмечаться систематические смещения изогипс, соответствующие амплитуде смещения блоков.

Этот способ может быть предложен для пересмотра результатов ранее проведенных буровых и геофизических работ на участках, подготовленных к промышленному освоению.

В опубликованной литературе приводятся примеры ошибок при проведении геологоразведочных работ, обусловленные низким качеством данных разведки, неполным учетом общих закономерностей геологического строения. Наиболее серьезные просчеты связаны с ошибочной оценкой характера и степени сложности тектонического строения отдельных пластов (рис. 19).

Главными ошибками в расшифровке тектоники являлись применение редких разведочных сетей и неверные представления о тектонике отдельных районов.

Усложнение структурных построений в результате сгущения разведочной сети имеет место на многих угольных месторождениях. В частности, на некоторых шахтных полях по мере углубления горных работ резко меняется тектоническая обстановка.

Так на поле шахты "Ноградская" выявлено более пологое, чем представлялось ранее, падение сместителя взброса, а на шахте "Таежная" – более пологое залегание сместителя Терентьевского надвига (рис. 20).

Многие ошибки связаны с неправильными представлениями о типах и морфологических особенностях развитых на месторождении дизъюнктивов. Недостаточно внимания уделяется признакам сложной тектоники: изменчивости углов падения, интенсивной трещиноватости и т.д. Несоответствие в элементах залегания пластов по смежным выработкам объясняется пликативными нарушениями, а не дизъюнктивной тектоникой, что ведет к необоснованным упрощениям в структурных построениях. Трещиноватость керна даже без признаков сильной нарушенности свидетельствует о наличии разрывных нарушений со смещением, в т.ч. мелкоамплитудных.

Так на шахте "Распадская" в период разведки при пологом моноклиналильном залегании пластов зафиксирована значительная трещиноватость керна, а при горно-эксплуатационных работах выявились мелкоамплитудные дизъюнктивы.

Ошибки в оценке мощности, строения и выдержанности угольных пластов довольно многочисленны. Особую опасность представляют ошибки в оценке морфологии для тонких угольных пластов, мощность которых близка к нижнему пределу (0,7 – 1,0 м). Главными причинами ошибок являются низкое качество и неверная интерпретация данных каротажа (рис. 21). Часто это связано с включением в мощность пласта прослоев углистых аргиллитов, расположенных в кровле, почве пласта или между отдельными угольными пачками. В оценке качества угля большинство ошибок вызвано заниженной зольностью, связанной с обогащением керновых проб при флотации или с недооценкой степени (трудности) обогатимости углей. Иногда, например, на поле шахты имени Ленина неправильно определялась маркировка угля.

Особенности геологического строения определяют параметры разведочной сети.

На месторождениях с простой и несколько усложненной тектоникой решающим фактором является степень устойчивости пластов угля. Здесь следует заранее сгустить сеть детальной разведки. На месторождениях со сложной тектоникой и преобладанием выдержанных пластов угля методика разведки ориентируется на максимальную детализацию пликтивных и дизъюнктивных форм.

При детальной разведке кроме выработок, пройденных по профилям, практикуется проходка выработок вне основной сети для прослеживания выходов угольных пластов, тектонических разрывов, в учет принимаются и наземные геофизические наблюдения.

В Кузбассе применяют разведку параллельными профилями, ориентированными вкрест господствующего простирания тектонических структур.

Для уточнения гипсометрии пластов угля при пологом или почти горизонтальном залегании проходятся взаимно перпендикулярные опорные профили, причем элементы малоамплитудной тектоники уточняются специально промежуточными скважинами или короткими разведочными линиями. Если участок четко делится на части с различным тектоническим строением и угленосностью, форма и плотность разведочной сети дифференцируется применительно к особенностям этих частей пластов.

Плотность сети при разведке глубоких горизонтов определяется степенью сложности тектоники, выдержанностью пластов угля и наличием горных работ на верхних горизонтах. При простой и усложненной тектонике, с преобладанием выдержанных пластов, детальная разведка глубоких горизонтов может быть реже, чем на верхних горизонтах.

При вскрышной разведке должны быть удовлетворены основные требования угольной промышленности. Выполняются следующие работы и исследования:

- выявление и изучение мелких складок, волнистости и мелких (с амплитудой 10 – 15 м) дизъюнктивов;
- сгущение сети скважин для уточнения зольности, мощности, физического состояния почвы и кровли, породных прослоев, выклинивания, расщепления пластов, изменения зольности и других показателей качества угля.

Выявление малоамплитудных дизъюнктивов на пологом залегании пластов (рис. 22) возможны при вскрышной разведке. А при крутом и наклонном залегании выявление нарушений с амплитудой менее 25 м – весьма сложная задача.

При доразведке особо выделяются участки пригодные для механизированной разработки. Это необходимо для более полного изучения мор-

фологии пластов, предельной детализации малоамплитудных дизъюнктивов, участков с неустойчивой кровлей и других горно-геологических особенностей. Для выявления малоамплитудных нарушений на шахтных полях, которые намечено отрабатывать комплексами, применяются горные выработки. Хорошие результаты дает сочетание бурения и горных выработок, особенно проходка разведочных линий в створе с длинными кварцитами.

На месторождениях простой или усложненной тектоники сгущение сети производится только в местах не подтвержденных детальной разведкой. А доразведка месторождений со сложной и весьма сложной тектоникой, как правило, не однофазна. На флангах и прирезках разведочная сеть, построенная даже с учетом эксплуатационных данных, подлежит сгущению.

При эксплуатационной разведке производится изучение деталей тектоники выемочного участка. Одной из главных задач является выявление и разведка малоамплитудных разрывов, оконтуривание малонарушенных блоков. Прогноз нарушенности дается по материалам эксплуатации и по аналогии.

На сложных и весьма сложных участках прослеживаются обрезы угольных пластов дизъюнктивами, детализируется их гипсометрия, определяется положение шарниров складок. Большое внимание уделяется детализации крутопадающих дизъюнктивов на крыльях складок, расшифровка раздувов и перегибов пласта, которые ранее могли интерпретироваться как дополнительная мелкая складчатость или разрывы.

По методике Любига Г.А. прогнозируется встреча горными выработками разрывных нарушений, исходя из количественных связей между шириной зоны повышенной трещиноватости, крепостью угля, кривизной изгиба пласта вблизи тектонического нарушения, амплитудой и типом на-

рушения. При вскрытии разрывного нарушения с амплитудой превышающей размеры выработки, нужно по возможности пересечь зоны нарушенных пород, определить положение смещенных крыльев, тип, амплитуду и ориентировку сместителя. Поиски смещенного крыла тектонического нарушения во всех случаях основываются на комплексе стратиграфических, структурных и других характерных признаков. На этой стадии разведки также занимаются изучением морфологии угольных пластов, уточнением их выходов под наносы, гидрогеологических и инженерных условий, уточнением газоносности угольных пластов, уточнением физико-механических свойств и устойчивости вмещающих пород.

3. ПЛАНИРОВАНИЕ И ФИНАНСИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ЗАДАЧИ И ПОРЯДОК ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В основе всей системы показателей плана геологоразведочных работ лежат следующие принципы:

1. Планирование на всех этапах должно осуществляться комплексно, во взаимной связи и в пропорциях, обеспечивающих потребности народного хозяйства в полезных ископаемых.
2. Постоянное совершенствование методов планирования.
3. Перспективные и текущие планы должны разрабатываться с учетом решения первоочередных задач, стоящих перед народным хозяйством в целом, отдельными отраслями промышленности, регионами и предприятиями.

Планы геологоразведочных работ призваны в конкретных условиях места и времени обеспечить решение следующих основных задач:

1. Расширение существующих и подготовка новых минерально-сырьевых баз для действующих, строящихся и проектируемых предприятий, а также создание необходимого резерва разведанных запасов полезных ископаемых для дальнейшего развития производительных сил страны, обеспечения ее обороноспособности.
2. Комплексное геологическое изучение территории России геологосъемочными и геофизическими методами, с целью быстрого выявления перспективных площадей и организации поисков и разведки новых минерально-сырьевых баз.
3. Ускоренное изучение месторождений тех ископаемых, которые имеют высокий экспортный потенциал, в первую очередь месторождений углеводородного сырья.

В процессе разработки плана устанавливаются пути достижения максимальной экономической эффективности геологоразведочных работ и

улучшения географического размещения минерально-сырьевой базы за счет выявления и разведки новых месторождений полезных ископаемых.

В Кемеровской области, одном из наиболее богатых минеральным сырьем регионов России, геологоразведочные работы проводятся в первую очередь на черные металлы (железо, марганец), рудное золото, неметаллы, уголь. А также проводятся региональные геолого-съемочные, геофизические; гидрогеологические, инженерно-геологические и геоэкологические работы, мониторинг окружающей геологической среды.

Геологоразведочные работы выполняются в целях выявления и промышленной оценки месторождения полезных ископаемых. Они должны планироваться и осуществляться комплексно в соответствии с особенностями, физико-географическими и экономическими условиями изучаемого объекта (региона, района, месторождения) и с применением самых рациональных методов, позволяющих производить работы с наименьшими затратами трудовых, материальных и денежных ресурсов. При комплексном проведении геологоразведочных исследований наряду с изучением основного полезного ископаемого, должны предусматриваться в планах также соответствующие работы по изучению и оценке других полезных компонентов, выявленных в данном районе, бассейне или месторождении. Кроме того, планируются гидрогеологические и инженерно-геологические исследования для выяснения гидрогеологических условий разведываемого объекта и условий водоснабжения будущего горнодобывающего предприятия, а также определяется объем работ по оценке местных строительных материалов, необходимых для строительства промышленных и других объектов.

По отдельным регионам разрабатываются ежегодные программы геологического изучения, воспроизводства минерально-сырьевой базы и

рационального использования недр, которые финансируются отдельно со средств Федерального бюджета и иных источников финансирования. Программа разделяется по отраслям, полезным ископаемым, объектам работ. Определяется организация, исполнитель работ, сроки проведения работ, средства на отдельные виды работ, геологическое задание и ожидаемые результаты.

Программы подготавливаются Комитетом природных ресурсов и согласовываются Федеральными (или региональными) властями.

Планы геологоразведочных работ на действующем горном предприятии составляются с целью дальнейшего расширения его сырьевой базы. Планом предусматриваются разведка флангов и глубоких горизонтов эксплуатируемого месторождения, обнаружение и разведка параллельных и слепых рудных тел, а также детальное изучение с применением всех современных методов поисков площадей, непосредственно прилегающих к эксплуатируемому месторождению. Главная задача плана – дополнительное выявление и уточнение запасов руд с высоким содержанием полезных компонентов и с простой технологией обогащения, а также с благоприятными геологическими условиями залегания рудных тел.

План геологоразведочных работ разрабатывается горнодобывающим предприятием с учетом необходимых сроков обеспечения разведанными запасами при соблюдении установленного соотношения разведанных запасов по категориям. При разработке плана особое внимание должно быть уделено соблюдению рациональной последовательности в проведении различных стадий геологоразведочных работ. Планом должны быть предусмотрены все виды работ, непосредственно связанные с поисками, предварительной и детальной разведкой и доразведкой месторождения, включая: разработку технико-экономических обоснований и технико-экономических докладов, проекта кондиций и подсчета запасов с составлением геологического отчета о результатах геологоразведочных работ.

При разработке плана необходимо иметь в виду, что на предварительную разведку месторождения должны быть запланированы минимальные затраты средств и времени при обязательном выполнении задач предварительной разведки.

План детальной разведки должен включать объемы и виды работ, обеспечивающие необходимую степень изученности объекта и разведку запасов по категориям $A + B + C_1 + C_2$ в установленных соотношениях, а также перевод запасов из низших категорий в высшие. При планировании прироста запасов следует руководствоваться действующей классификацией запасов. Геологоразведочные работы планируются с учетом комплексного их проведения и комплексного изучения руд. Работы по исследованию и оценке других полезных ископаемых и попутных компонентов позволяют определить их запасы и экономическую целесообразность извлечения.

В плане должна быть отражена необходимость использования наиболее эффективных методов поисков и разведки месторождений (наземных и подземных геофизических и геохимических методов), применения современной геологоразведочной техники (высокопроизводительных и экономичных буровых станков, механизации проходки горных выработок, алмазного бурения), передовых методов организации труда, рациональных методов опробования и исследования минерального сырья. Внедрение перечисленных методов должно способствовать снижению стоимости отдельных видов работ и общих затрат на единицу прироста запасов.

Планы тематических работ должны предусматривать: систематическое обобщение материалов по изучению и разведке месторождения, а также по сопоставлению данных эксплуатационных и разведочных работ, геолого-экономические исследования месторождения, изучение его структурных особенностей и вещественного состава руд, опытно-методические

работы по использованию современных математических методов, электронно-вычислительной техники в геологоразведочном деле.

Главнейшие показатели плана разведочных работ - прирост запасов и перевод их из низших категорий в высшие. Общий объем геологоразведочных работ в денежном выражении является обобщающим показателем плана. План работ в денежном выражении определяют, исходя из действующих сметных норм и расценок, проектируемых объемов и видов работ. В плане должно содержаться задание по снижению стоимости работ. Сводный план геологоразведочных работ в денежном выражении представляется по установленной форме; его принято называть титульным списком. К планам и титульным спискам геологоразведочных работ должны быть приложены титульные списки строительства объектов постоянно-го типа в объеме показателей, установленных правилами финансирования строительства, с указанием объемов работ по проектированию объектов строительства. На все виды геологоразведочных работ, в соответствии с принятыми плановыми заданиями, составляются проекты и сметы.

Проект геологоразведочных работ является важным техническим документом, в соответствии с которым осуществляются все виды геологоразведочных работ.

В действующей инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы выделяются пять разделов:

- введение;
- общие положения;
- геологическое задание;
- методическая часть проекта;
- производственная часть проекта.

Организация, заказывающая проектно-сметную документацию, выдаёт задание на проектирование, включающее геологическое задание на объект; объекты предпроектной проработки; материалы предыдущих исследований; предпочтительные методы и технологии исследований; тре-

бования к конечной продукции (таблицам, картам, схемам и др.); проект выполнения работ; другие условия.

Название проекта должно соответствовать геологическому заданию и отражать наименование объекта геологоразведочных работ. Основным документом, определяющим состав и объем проектируемых геологоразведочных работ на объекте исследований является геологическое задание. Порядок выдачи геологического задания зависит от стадии геологоразведочного процесса и собственника финансовых средств на выполнение работ. На региональные и специальные работы, выполненные за счёт средств федерального бюджета ежегодно, в соответствии с Государственной программой развития минерально-сырьевой базы, территориальные комитеты по природным ресурсам выставляют на конкурс геологические задания по стартовым ценам.

Разведочные работы, выполняемые за счёт средств Федерального бюджета для государственных нужд и для создания Федерального резерва месторождений полезных ископаемых выполняются по геологическим заданиям, где заказчиком выступает территориальным комитет по природным ресурсам. И наконец, на разведочные работы, выполняемые за счёт средств организации, получившей лицензию на эксплуатацию месторождения, геологическое задание разрабатывает владелец.

Основополагающим принципам разработки геологического задания на объект является его предельная конкретность. В геологическом задании должно быть указано, какая новая информация о месторождении или его отдельном участке должна быть получена в результате выполнения проектируемых работ и каковы должны быть достоверность и уровень значимости параметров оценки объекта. Геологическое задание разрабатывается на основе анализа практических решений ранее выполненных работ, оценки и обобщения их результатов и построений на их основе входной (проектной) модели месторождения.

Обязательные разделы геологического задания на объект: целевое назначение работ, последовательность и сроки их выполнения, основные методы их решения и, в случае необходимости, перечень инструкций и технических требований, обязательных при выполнении работ. В геологическом задании указываются также формы отчетной документации, сроки завершения работ, наименование организации, апробирующей отчет и порядок апробации.

Геологическое задание на объект является неотъемлемой частью договора на производство работ.

3.2. ПОНЯТИЯ О ПЕРСПЕКТИВНЫХ И ТЕКУЩИХ ПЛАНАХ

В зависимости от объемов и сроков геологоразведочных работ на отдельном месторождении или группы месторождений разрабатывают долгосрочные (перспективные) и краткосрочные (текущие) планы.

Планы геологоразведочных работ разрабатывают на длительный период времени (3, 5, 7, 10 и более лет) и на короткие сроки (год, квартал и месяц). Первые из них получили название перспективных, а вторые – текущих или оперативных.

3.2.1. ТЕКУЩЕЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

При текущем планировании определяются задачи и средства решения этих задач в объемах, необходимых для решения конкретных вопросов, связанных с добычей полезного ископаемого, определением его запасов в недрах, а также для освещения вопросов, связанных с реконструкцией шахт, рудников и т.п.

Как текущие, так и перспективные планы служат основой для составления проектов на геологоразведочные работы. Планы иллюстрируются графическими материалами - геологическими картами с отражением изученности района и разведанности месторождений, продольными вертикальными проекциями, геологическими разрезами и т.п. При составлении планов определяются объемы работ не только по детальной разведке, но и геофизических, гидрогеологических и других видов работ.

Основным показателем плана геологоразведочных работ является прирост балансовых запасов полезных ископаемых и других геологических заданий. Планирование и проектирование эксплуатационно-разведочных работ (4 стадия - эксплуатационная разведка, а также переходная стадия - доразведка). Намечается уточнение морфологии и положения рудных залежей на разрабатываемых и подготавливаемых горизонтах, установление их внутреннего строения, контактов, качественной характе-

ристики запасов, горнотехнических условий эксплуатации, физических свойств руд и вмещающих пород.

Решаются вопросы поисков слепых рудных тел и гнезд, пропущенных детальной разведкой; разведки на 1 – 2 этажа ниже подготавливаемого горизонта, с целью уточнения контуров рудных залежей в местах их разобщения и выклинивания. При проектировании, исходя из интенсивности погружения горных работ, рассчитывается глубина проектных скважин в отдельные годы, при определенной густоте разведочной сети. Конечная глубина разведки с получением запасов промышленных категорий определяется проектной глубиной отработки месторождения.

Наряду с бурением скважин для обеспечения прироста запасов, путем бурения отдельных структурных скважин, определяются общие перспективы месторождения. К разработке перспективных планов привлекают проектные научно-исследовательские организации.

3.2.2. ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Составляются генеральные проекты разведки одного или группы месторождений. При этом обязательно учитывается стадийность работ. Объемы геологоразведочных работ при перспективном планировании определяются с учетом проведения их в три этапа. После второго этапа обязательно составление ТЭДа, положительная оценка которого позволяет проводить детальную разведку. При перспективном планировании определяются объемы и направления работ на данный вид минерального сырья, а также на строительные материалы, необходимые для развития промышленности в районе разведки.

Предусматриваются также объемы геологоразведочных работ, необходимые для обследования участков, примыкающих к месторождению, для выяснения горнотехнических и гидрогеологических условий его отработки и т.п. При планировании работ учитывается погружение эксплуата-

ционных горизонтов горных работ и необходимость обеспечения этих горизонтов отработки разведанными запасами руд промышленных категорий в требуемой структуре эксплуатационно-разведочных работ. Кроме чисто геологических факторов учитывается их тесная связь с системами вскрытия и подготовки месторождения. Эксплуатационная разведка опирается на систему параллельных разрезов, полученных при предыдущих стадиях геологоразведочных работ, формирование сети разведочных выработок происходит по мере развития.

3.3. ФИНАНСИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В настоящее время финансирование геологоразведочных работ производится из различных источников.

Наряду с финансированием за счет госбюджета Российской Федерации имеют место и другие источники финансирования:

- бюджет субъектов РФ;
- налог на добычу полезных ископаемых, частично оставляемый у горнодобывающих предприятий;
- средства предприятий;
- средства отечественных и зарубежных инвесторов;
- банковские кредиты.

Рассмотрим вопрос финансирования ГРР более подробно.

В соответствии с постановлением правительства Российской Федерации, принятом в 2002 году, финансирование геологоразведочных работ осуществляется за счет налога на добычу полезных ископаемых. Эти отчисления взимаются с недропользователей, то есть с предприятий, ведущих добычу какого либо вида минерального сырья. Размер этих отчислений равен 4 % от объема реализованной минеральной продукции для угольной отрасли.

Часть налога на добычу полезных ископаемых (в различных пропорциях) аккумулируется в федеральном бюджете (40 %), часть – в бюджете субъектов федерации (20 %) и часть оставляется горнодобывающим предприятиям (40 %).

За счет налога на добычу полезных ископаемых финансируются:

1. Из федерального бюджета по федеральным программам региональные работы (геологосъемочные, региональные геофизические, исследования шельфа и прибрежных акваторий морей и т.д.) и все ви-

ды геологических работ на стадии поисков и поисково-оценочной стадии.

2. Из региональных бюджетов по региональным программам финансируются все виды геологических работ, касающихся также поисковой и поисково-оценочной стадий.
3. За счет части налога на добычу полезных ископаемых, оставляемой предприятиям, финансируются геологические работы, обоснованно необходимые этим предприятиям.

Финансирование работ на доизучение и разведку того или иного месторождения осуществляется самим предприятием, получившим право на пользование недрами (право на доизучение и последующую эксплуатацию того или иного месторождения).

Планирование и финансирование геологоразведочных работ в последние десятилетия коренным образом изменилось. Ранее действующая "Инструкция по составлению проектов и смет" была разработана и функционировала в условиях монопольного планирования и производства геологических исследований единым отраслевым комплексом на основе жестко регламентированных норм времени, норм расхода материальных и трудовых ресурсов, государственных цен, тарифных ставок и должностных окладов, финансирования работ из государственного бюджета. Большинство ее директивных положений в отношении утверждения и экспертизы проектно-сметной документации, нормирования расчетов, обязательного использования государственных сметных норм и нормативов после выхода закона "О недрах" (1992 и 1995 гг.) потеряло законное обоснование и утратило здравый смысл.

В настоящее время формирование цен на геологоразведочные работы и услуги по государственным контрактам или за счет средств заказчика осуществляется на договорной основе. При этом кардинально изменяется назначение проектно-сметной документации. Вместо документа, в первую

очередь, обеспечивающего финансирование работ, проект должен обеспечить решение поставленной задачи с минимизацией затрат при фиксированной договорной цене геологического задания. В то же время сама технологическая составляющая проектно-сметных расчетов формально не меняется, но требует дополнительного введения механизма индексации сметных цен, учитывающего - рыночные изменения стоимости труда, материалов, услуг и налоговую политику.

Программы подготавливаются Комитетом природных ресурсов и согласовываются и утверждаются Федеральными (или региональными) властями.

На все виды геологоразведочных работ, в соответствии с принятыми плановыми заданиями, составляются проекты и сметы, утверждающиеся с соответствующих инстанциях. Финансирование геологоразведочных работ производится при наличии следующих документов:

1. плана геологоразведочных работ (форма 7-ГР) с приложением геологических заданий по основным объектам (рис. 23, 24);
2. плана финансирования геологоразведочных работ (форма 5);
3. титульного списка геологоразведочных работ и затрат (форма 1-ГР);
4. копий утвержденных смет (форма 1-СМ) по каждому объекту, включенному в титульный список;
5. справки об утверждении проектно-сметной документации (форма 6-ГР);
6. перечня объектов геологоразведочных работ, зарегистрированных в геологическом фонде (форма 3-ГР).

В затраты по организации полевых работ входят - комплектование партии работниками соответствующей квалификации, составление плана работ, обеспечение работ материально-техническими средствами и доставка их к месту производства работ.

В затраты по ликвидации полевых работ входят расходы по демонтажу оборудования и ликвидации разведочных выработок, а также по составлению материального, финансового и информационного отчетов.

Расходы на командировки, консультации, экспертизы и рецензии определяются сметно-финансовыми расчетами с начислением накладных расходов и плановых накоплений.

Геологоразведочные работы финансируются за счет операционных средств госбюджета в соответствии с планами этих работ и сметами, утвержденными в установленном порядке. План финансирования геологоразведочных работ сообщается финансовым органам, которые открывают титулодержателю счет финансирования геологоразведочных работ и расчетный счет, а исполнителю работ - расчетный счет.

Сметы к проекту геологоразведочных работ составляются на весь объем разведочных, поисковых, геологосъемочных, геофизических и иных видов работ и затрат, необходимых для выполнения геологического задания, содержащегося в проекте по данному объекту работ, независимо от того, одной или несколькими геологическими организациями выполняются работы на объекте.

Полная сметная стоимость работ складывается из сметной стоимости следующих основных видов работ и затрат:

1. проектно-сметных работ;
2. работ подготовительного периода;
3. полевых работ;
4. лабораторных и технологических исследований, лабораторного контроля;
5. камеральных и тематических работ;
6. составления технико-экономических соображений (ТЭС), технико-экономических докладов (ТЭД) по обоснованию постоянных конди-

ций и утверждению отчетов в ГКЗ, с подсчетом запасов ТКЗ или УКЗ;

7. организации и ликвидации полевых работ, ликвидации предприятий;
8. производственных командировок, консультаций экспертиз, рецензий, премий, доплат;
9. резерва на непредусмотренные работы и затраты;
10. работ, выполняемых по договорам сторонними организациями.

Финансирование геологоразведочных работ на действующем горнодобывающем предприятии осуществляется за счет его средств.

В конечном счете от правильности выбора проектных решений, своевременного и полного финансирования геологоразведочных работ зависит их эффективность и рентабельность, а как следствие того, подсчет запасов, проектирование, строительство и последующая эксплуатация разведываемого объекта.

4. КОНДИЦИИ НА МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Кондиции на минеральное сырье – совокупность требований к количеству и качеству полезного ископаемого в недрах, к горно-геологическим и другим условиям разработки месторождения, определяющим промышленную ценность месторождений. Из многочисленных факторов наиболее важными, по нашему мнению, являются пять факторов.

4.1. ЗАПАСЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИЯ

Запасом полезного ископаемого называется количество минерального сырья в недрах, отвечающего по своему качеству современным требованиям промышленности. Запасы всех коренных месторождений полезных ископаемых выражаются массой руд. Для тех видов минерального сырья, которые после добычи подвергаются обогащению, обычно подсчитываются и запасы полезных компонентов в руде. В зависимости от вида минерального сырья и масштабов полезной минерализации, запасы полезных ископаемых в отдельных месторождениях изменяются от миллиардов тонн до килограммов. Запасы россыпных месторождений учитываются кубическими метрами рудных песков, а запасы полезных компонентов в них – весовыми единицами.

По масштабам месторождения подразделяются на уникальные, крупные, средние и мелкие (табл. 15). Уникальных месторождений единицы, но на их долю приходится более половины мировых запасов и добычи данного вида минерального сырья. Например, месторождение Витватерсранд (ЮАР) содержит около 60 % мировых запасов золота. Крупных месторождений по каждому виду минерального сырья насчитывается в мире около десятка. Они определяют экономику небольших стран и регионов крупных стран. Примером могут служить: титаномагнетитовое месторождение Кируна (Швеция) и Кузнецкий угольный бассейн (Россия). Средние по запасам месторождения составляют основу минерально-сырьевой базы металлургической промышленности. Мелкие месторождения представле-

ны в основном дефицитным и стратегическим сырьем (золото, ртуть, горный хрусталь, радиоактивные руды).

Таблица 15

Группировка месторождений полезных ископаемых по масштабу запасов

Полезное ископаемое	Масштабы				Примеры уникальных месторождений
	уникальные	крупные	средние	мелкие	
Уголь	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	Кузбасс, Россия
Железные руды	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	КМА, Россия
Алюминиевые руды (бокситы)	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^5$	Боке, Гвинея
Медь	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^5$	Чукикамата, Чили
Молибден	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^3$	Клеймекс, США
Золото	$n \cdot 10^3$	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10$	< 1	Витватерсранд, ЮАР
Фосфор (апатиты)	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	Хибины, Россия

Среди месторождений крупными запасами характеризуются месторождения многих полезных ископаемых (табл. 16).

Качественная и количественная характеристики запасов полезных ископаемых тесно связаны и взаимообусловлены. Изменение качественной характеристики приводит к изменению запасов полезных компонентов и полезной горной массы. Чем меньше установленное предельное содержание металла, тем значительно меньше размеры залежей, запасы руды и металла. Повышение нижнего предела содержания металла улучшает качество руды, но приводит к сокращению размеров залежей и к уменьшению запасов.

Таблица 16

Относительное распределение месторождений по запасам и добыче руд

Минеральное сырье	Масштабы месторождения					
	Крупные		Средние		Мелкие	
	Запасы, %	Добыча, %	Запасы, %	Добыча, %	Запасы, %	Добыча, %
Железо	91	81	5	8	4	11
Медь	66	64	26	23	8	13
Свинец	39	29	37	39	24	32
Вольфрам	72	50	19	22	9	28
Молибден	51	40	37	27	12	33
Олово	85	70	13	19	2	11

Единство и взаимообусловленность качественной и количественной характеристик минерального сырья требуют при оценке месторождений их одновременного учета. Наиболее ценными для народного хозяйства часто оказываются не те месторождения, которые содержат самые богатые руды а те, которые обеспечивают максимальные масштабы производства и минимальную себестоимость продукции. Обычно к ним относятся крупные месторождения рядовых руд.

4.2. КАЧЕСТВО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Для металлических полезных ископаемых кондиции учитывают содержание основного компонента, других полезных компонентов (например, TiO_2 в титаномагнетитовых месторождениях Урала), полезных и вредных примесей. Для железных руд полезные примеси – Mn, Cr, W, Mo, Ni и др., а вредные – S, P, As, Zn. Для неметаллических полезных ископаемых общие кондиции отсутствуют, а для каждого вида минерального сырья разрабатываются отдельно. Так, например, для алмазов качество полезного ископаемого определяется чистотой окраски, отсутствием дефектов кристаллической структуры, крупностью обломков кристаллов. Для горючих полезных ископаемых (например углей) качество определяется марочным составом, отражающим его технологические свойства и возможности использования в металлургии, химии, энергетике.

Качество минерального сырья следует рассматривать как совокупность свойств (признаков) полезного ископаемого, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Качество разных видов минерального сырья характеризуется комплексом разнообразных показателей, среди которых основными являются признаки, отражающие химический и минеральный состав, текстурно-структурные особенности, физико-механические, физико-химические и технологические свойства полезных ископаемых и вмещающих горных пород. Качество (точнее совокупность определяющих его свойств) зависит от условий промышленного использования минерального сырья и технологии его переработки.

Качество металлических полезных ископаемых определяется их вещественным (химическим и минеральным) составом и характеризуется содержанием полезных компонентов и вредных примесей. Содержание полезных компонентов (элементов или полезных минералов) выражается весовыми процентами в расчете на воздушно-сухую руду. Выбор единиц из-

мерения зависит от вещественного состава, условий технологической переработки и дальнейшего использования руд. Качество руд определяется процентным содержанием металлов (железо, марганец, молибден, никель, медь, свинец, цинк, олово, мышьяк, золото, серебро, платина) или окислов соответствующих элементов (WO_3 , TiO_2 , Al_2O_3). Качество рудоносных песков в россыпях выражается обычно в весовых единицах полезных компонентов на 1 м^3 песков или 1 м^3 горной массы.

Вредные примеси оказывают существенное влияние на оценку качества некоторых руд. Для руд железа и марганца вредными примесями являются сера и фосфор; для бокситов – кремнезем, сера; для золотых руд – мышьяк; для силикатных никелевых руд – медь; для фосфоритов – магний; для серных руд – общий углерод, мышьяк и селен. Вредные примеси снижают качество руд, а в ряде случаев делают крайне сложной возможность их переработки и использования.

Сами по себе сера и фосфор являются полезными компонентами, и если их отделить от железной руды или угля, то они составят дополнительную ценность соответствующих полезных компонентов. Так при содержании фосфора более 5 % в железной руде при так называемом томасовском процессе выплавки получают высокосортную сталь и томасовские шлаки – ценное фосфатное сырье. Возникает возможность более полного комплексного использования сырья.

В большинстве случаев руда, кроме главных, содержит сопутствующие компоненты, которые даже при небольших содержаниях при извлечении попутно с основными представляют собой значительную ценность и являются важной сырьевой базой ряда редких элементов. Например, такие попутные компоненты, как платиноиды в медно-никелевых рудах: серебро, золото, кадмий; германий и уран в углях и другие, часто повышают ценность месторождений по главным полезным компонентам вдвое, а за-

пасы их даже выше, чем на крупных самостоятельных месторождениях этих компонентов.

При оценке качества полезного ископаемого должен обязательно учитываться его комплексный характер, поскольку оценка только по основным компонентам не является достаточной.

По содержанию полезного компонента с учетом требований промышленности и существующих схем переработки выделяются богатые, рядовые и бедные руды (табл. 17). Богатые руды обычно хорошо перерабатываются и требуют меньшего количества обогатительных операций по сравнению с рядовыми и бедными рудами. Иногда они поступают непосредственно в металлургический передел, минуя стадию обогащения (например, богатые мармитовые или сидеритовые руды с содержанием железа более 50 %).

Для сравнения приведем содержание металлов в богатых рудах ряда известных мировых месторождений: Садбери (Канада) – 2,6 % Ni, 1,5 – 2 % Cu; Рио-Тинто (Испания) – 2 % Cu; Бьют-Монтана (США), Брокен-Хилл (Австралия) – 22 % Pb + 32 % Zn; Кобальт (Канада) – 0,6 – 10 % Co; Ллалагуа (Боливия) – 2 – 4 % Sn; Витватерсранд (ЮАР) – 6,5 г/т Au, до 0,03 % U.

Для неметаллических полезных ископаемых качество определяется содержанием полезных минералов и совокупностью показателей, характеризующих их специфические физические свойства, которые устанавливают возможности и условия промышленного использования. Такими свойствами для разных видов минерального сырья являются: прочность, гибкость, длина волокна и кислотоупорность для асбеста; размер пластин, их ровность, термостойкость для слюд; оптические свойства и бездефектность кристаллов для оптического сырья и др. Важными показателями являются сортность полезного ископаемого в соответствии с требованиями ГОСТа и выход каждого сорта на единицу веса или объема сырья.

Качество полезных горных пород оценивается по совокупности физико-технических свойств, определяемых их промышленным назначением. Такими показателями, например, для каменных строительных материалов являются прочность, декоративность, морозостойкость, блочность и так далее. Основными свойствами, характеризующими качество углей, являются зольность, влажность, размер кусков, содержание минеральных веществ, содержание серы, теплота сгорания и др.

Таблица 17

Группировка различных видов минерального сырья по качеству

Виды минерального сырья	Компонент, ед. изм.	Качественная характеристика руд		
		Богатые	Рядовые	Бедные
Железная руда	Fe, %	> 50	50 – 30	30 – 22
Плавиновый шпат	CaF ₂ , %	> 50	50 – 35	35 – 4
Хромиты	Cr ₂ O ₃ , %	> 45	45 – 30	30 – 24
Фосфориты	P ₂ O ₅ , %	> 25	25 – 16	16 – 8
Слюда	Слюда, кг/м ³	> 100	100 – 20	10 – 3
Полиметаллические руды	Pb + Zn, %	> 15	15 – 5	< 5
Медные руды	Cu, %	> 3	3 – 1	1 – 0,5
Оловянные руды:				
а) жильные	Sn, %	> 3	3 – 1	< 1
б) штокверковые	Sn, %	> 1	1 – 0,3	< 0,3
Молибденовые руды	Mo, %	n – 0,n	- 0,1	0,1 – 0,0
Вольфрамовые руды	WO ₃ , %	n – 0,n	- 0,1	0,1 – 0,0
Кобальтовые руды	Co, %	n – 0,n	- 0,1	0,1 – 0,0
Урановые руды	U, %	> 0,3	0,3 – 0,1	< 0,1

Продолжение таблицы 17

Золотосодержащие руды:				
а) коренные	Au, г/т	> 10	10 – 5	5 – 3
б) россыпи	Au, г/м ³	> 5	5 – 1	1 – 0,5
Алмазы	Алмаз, карат/т	> 1	1 – 0,5	0,5 – 0,1

Кондиционный состав и свойства полезного ископаемого являются показателями, на основе которых проводят рабочий контур залежи, определяют ее формы и мощность. Поэтому когда рассматривается морфология тела полезного ископаемого, в частности его мощность, прерывистость или непрерывность залегания, следует учитывать и качество полезного ископаемого. Например, пласт угля может иметь непрерывное залегание, кондиционную мощность на значительной площади, но в пределах этого контура в отдельных блоках зольность угля может быть выше кондиционной. Такие блоки следует исключить из промышленных контуров. В целом подобный пласт имеет прерывистое залегание. Таким образом, при установлении прерывного или непрерывного залегания полезного ископаемого следует учитывать кондиции, как по мощности, так и по качеству полезного ископаемого.

4.3. ПРОДУКТИВНОСТЬ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Этот фактор характеризует степень сосредоточения в них запасов полезного ископаемого. При разработке месторождений полезных ископаемых важно не только общее количество запасов полезного ископаемого, но и распределение запасов в пределах месторождения. Так, крупные запасы могут быть рассредоточены на большой площади как по простиранию, так и на глубину в одной маломощной залежи. Для вскрытия такого месторождения требуются - строительство нескольких рудников, крупные капиталовложения, большие затраты на внутрирудничный транспорт. Разработка подобных месторождений характеризуется низкой производительностью подготовительных и очистных работ, высокой себестоимостью сырья. Высокая концентрация запасов при прочих равных условиях, наоборот, снижает капитальные затраты на строительство предприятия и расходы по разработке месторождения, повышают общую производительность труда.

Концентрация полезного ископаемого измеряется запасами на единицу площади месторождения или на единицу углубки при разработке месторождения. Эта величина называется продуктивностью месторождения или залежи.

На первой стадии изучения месторождения обычно приближенно определяются общая продуктивность месторождения и его общие запасы. В процессе разведки выделяют и изучают отдельные залежи. Месторождение может включать много залежей. Выделяют основные, которые изучают детально. По материалам детальной разведки запасы и продуктивность подсчитываются по каждой из основных залежей отдельно, а запасы и их концентрация по месторождению подсчитываются суммированием указанных показателей по отдельным залежам.

Концентрация запасов определяется коэффициентом рудоносности (угленосности) продуктивной толщи. Коэффициент рудоносности – это

отношение мощности, площади или объема рудных тел к мощности, площади или объему всей продуктивной толщи, включая и рудные тела. Соответственно различают линейный, площадной и объемный коэффициенты рудоносности. Если учитываются только кондиционные рудные тела (или их отдельные участки), то коэффициент рудоносности называют рабочим. Коэффициент рудоносности можно определить по скважине, шурфу, канаве, квершлагу, геологическому разрезу, стратиграфической колонке, геологическому и эксплуатационному блокам, шахтному полю, участку и месторождению в целом.

При разработке месторождений полезных ископаемых важно знать не только общее количество запасов, но и пространственное распределение их в пределах месторождения – по площади, разрезу, залежи. Концентрация запасов может быть измерена запасами, отнесенными к единице площади или единице углубки при разработке. Оба показателя дополняют друг друга и необходимы для сравнения различных месторождений; они называются продуктивностью. В угольной геологии используют термины "площадная" и "линейная" угленосность. Кузнецкий бассейн имеет площадную угленосность $\frac{245 \text{ млрд. т}}{26 \text{ тыс. км}^2} = 9,4 \text{ млн / кв. км}$, линейную угленосность до 4%. Это очень высокие показатели.

4.4. ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

К ним относятся: вскрыша - обеспечение доступа к месторождению с поверхности, технологические, гидрогеологические и некоторые другие особенности месторождения.

4.5. ГЕОГРАФО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Этот фактор включает в себя географическое положение месторождения, климат, рельеф и освоенность района, наличие промышленных предприятий, население, его занятость и наличие свободной рабочей силы, транспортные условия района, обеспеченность электроэнергией, строительными материалами, водными ресурсами, возможность кооперации горного предприятия с существующими, строящимися или проектируемыми, наличие возможных потребителей минерального сырья, транспортную связь с ними, необходимость и объемы строительства дорог, ЛЭП, водоводов и т. п. Эти данные определяют не только возможность ведения добычных работ и масштабы развития горного производства, но и влияют непосредственно на способы и технологию добычи и переработки минерального сырья.

Промышленная ценность месторождений в значительной степени определяется текущей и перспективной потребностью народного хозяйства в сырье. В тех случаях, когда баланс данного вида минерального сырья не является напряженным, экономико-географические факторы имеют при оценке месторождения решающее значение. Если же потребность в сырье весьма значительна и не может быть удовлетворена за счет эксплуатации других месторождений, роль экономико-географических факторов освоения месторождений снижается. Однако при сопоставимой оценке месторождений учет этих факторов приобретает большое значение, поскольку они оказывают существенное влияние на экономические показатели и сроки освоения месторождения. Месторождение, обладающее богатыми рудами, но расположенное в неблагоприятных экономических условиях,

может оказаться менее эффективным для освоения, чем месторождение с крупными запасами более бедных руд, но расположенное в более благоприятных экономико-географических условиях.

Климатические условия (количество атмосферных осадков, температура воздуха и ее колебания, глубина промерзания и оттаивания пород) и орогидрография (пересеченность и абсолютные отметки рельефа, возможность оползней, селевых потоков и снежных лавин, поверхностные воды и др.) района оказывают существенное влияние на условия эксплуатации месторождения и строительство промышленного комплекса. Особенно это относится для предприятий, расположенных в районах с суровыми климатическими условиями.

В районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, в отдаленных высокогорных и пустынных районах заработная плата трудящихся выше, чем в обычных условиях, на 30 – 100 %, а иногда и более.

Необходимость в дополнительных капитальных вложениях вызывается, кроме того, сложным рельефом местности, который в ряде случаев требует проведения специальных мероприятий по борьбе со снежными лавинами и камнепадами, ухудшает условия работы транспорта, увеличивает протяженность дорог и т. д.

Условия и стоимость снабжения энергией, водой и лесом могут сыграть решающую роль, когда оказывается, что в данных конкретных условиях это снабжение либо вообще неосуществимо, либо связано с большими капитальными затратами или увеличением срока строительства.

Наличие в районе месторождения водных ресурсов для производственных и бытовых целей является обязательным условием. Особенно большое значение водные ресурсы имеют в тех случаях, когда руды требуют применения мокрых способов обогащения.

Энергетические условия района месторождения оцениваются из возможности получения электроэнергии для промышленного предприятия от

от внешней энергосистемы. Получение электроэнергии со стороны исключает необходимость строительства собственной электростанции, что сокращает капитальные затраты и сроки строительства предприятия. В этом случае следует учитывать капитальные затраты на сооружение линии электропередачи к предприятию. В случае сооружения для предприятия собственной электростанции нужно принимать в расчет топливные ресурсы данного района (угли, торф, сланцы, природный газ, древесное топливо, гидроресурсы), а также капитальные затраты на строительство электростанции местного значения.

Транспортные условия района месторождения зависят от расстояния до существующей или намечаемой к сооружению железной дороги, наличия автомобильных дорог, возможности использования водных путей, возможности эксплуатации дорог в различное время года.

При сравнительной оценке месторождений необходимо учитывать их расположение по отношению к промышленно развитым районам, способным обеспечить строительство предприятий необходимыми материалами и оборудованием. Близость месторождений к районам потребления сократит объем транспортных перевозок и ускорит оборачиваемость средств за счет сокращения срока перевозок.

Особого внимания заслуживает вопрос удаленности месторождений от транспортных магистралей, главным образом, железных дорог. Сооружение железных дорог требует значительных капитальных вложений, размер которых зависит не только от протяженности дороги, но и от рельефа местности, необходимости строительства мостов и других сооружений. Кроме того, в случае сооружения железной дороги удлиняются сроки освоения месторождения.

Освоение месторождений полезных ископаемых предъявляет большие требования к другим отраслям народного хозяйства: транспорту, лесному хозяйству, промышленности стройматериалов, сельскому хозяйству.

Поэтому оценка условий промышленного освоения месторождений и установление очередности и темпов их развития увязываются с наличием соответствующих ресурсов и с общим планом экономического развития данного района, а также с планом развития других отраслей народного хозяйства.

Обеспеченность района месторождения запасами строительных материалов удешевляет и облегчает освоение месторождений. Наличие запасов других полезных ископаемых улучшает общие перспективы экономического развития района, создает базу для производственной кооперации ремонтного и энергетического хозяйства, транспорта, водоснабжения и т. д.

Месторождения в освоенных промышленных районах с большой плотностью населения, с хорошо развитой сетью дорог предпочтительнее расположенных в малоосвоенных труднодоступных районах, так как они требуют меньших капиталовложений, быстрее могут быть освоены, не требуют вербовки, переселения и бытоустройства больших контингентов рабочей силы, не нуждаются в дальних перевозках минерального сырья или продуктов их переработки.

Особенно это касается таких важнейших, но сравнительно дешевых и потребляемых в огромных количествах полезных ископаемых, как строительные материалы, уголь, железная руда, агрономическое и химическое сырье. Несмотря на общую достаточную обеспеченность нашей страны этими видами минерального сырья, некоторые крупные промышленные центры и даже регионы испытывают постоянный их дефицит. При проведении геологоразведочных работ надо иметь в виду уже сложившиеся горно-металлургические районы страны, близость минерального сырья к перерабатывающим предприятиям. Месторождения, расположенные вблизи промышленных комплексов, нередко намного выгоднее для народ-

ного хозяйства, чем даже более крупные и богатые, но удаленные от перерабатывающих предприятий на большие расстояния.

Большое значение имеет занятость населения, т. е. социальные факторы. Слабой занятостью населения в некоторых районах (Сев. Кавказ, Карелия, отдельные районы европейской части России) определяется иногда необходимость промышленного освоения средних и мелких месторождений или месторождений бедных руд.

При оценке условий освоения месторождения необходимо учитывать влияние условий района не только на строительство и эксплуатацию предприятия, но и влияние строительства и эксплуатации месторождения на экономическое развитие района.

При оценке условий освоения месторождения и определении производительности рудников большое значение имеет возможность кооперирования и комбинирования рудников с другими предприятиями, перерабатывающими руду. Большинство предприятий цветной металлургии организовано в форме комбинатов, на которых последовательно производится добыча, обогащение, плавка. В ряде случаев предприятия цветной металлургии кооперированы между собой. Это выражается в кооперировании нескольких рудников с одной обогатительной фабрикой и металлургическим заводом. В тех случаях, когда намечается кооперирование рудников, производительность их должна быть запроектирована с учетом мощности и потребности кооперированных фабрик и заводов, а также перспектив и возможности их развития. Кооперирование месторождения с уже выстроенными фабрикой и заводом позволяет освоить месторождение с меньшими капитальными затратами и в более короткие сроки.

Задача приближения промышленности к источникам сырья диктует не только строительство предприятий вблизи рудников, но и обуславливает необходимость поисков и выявления ресурсов в соответствующих рай-

онах. В некоторых районах страны металлургические заводы недостаточно обеспечены расположенными вблизи них сырьевыми ресурсами. Открытие и освоение месторождений в этих районах имеет большое народнохозяйственное значение и может оказаться более эффективным даже при относительно менее благоприятных технико-экономических показателях, чем освоение более богатых месторождений, для которых потребовалось бы строить специальные обогатительные фабрики и металлургические заводы.

Все рассмотренные выше факторы в их совокупности определяют промышленное значение и условия промышленного освоения месторождений при современном уровне техники. и на данном этапе общественного развития. Кроме того, при оценке месторождений учитывается дефицитность полезных ископаемых и их значение в народном хозяйстве. В последнее время всё большее внимание уделяется проблемам комплексного и рационального использования месторождений полезных ископаемых. Комплексная переработка позволяет увеличить экономический эффект от эксплуатации месторождения, повысить качество минерального сырья (путём извлечения и использования вредных примесей в рудах) и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Проведение мероприятий по охране природы являются важнейшим и непременным условием разведки, разработки и эксплуатации месторождений. Примером может служить сложившаяся в последние годы практика проведения экологических экспертиз действующих горнодобывающих предприятий и готовящихся к эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Учитывая особую важность угля как ведущего полезного ископаемого в регионе, рассмотрим более подробно *кондиции для угольных месторождений* (на примере Кузнецкого угольного бассейна).

Первый раз кондиции разрабатываются после предварительной разведки месторождения и называются временными. Назначение этих конди-

ций – оперативный подсчёт запасов, составление ТЭДа и обоснование детальной разведки месторождения.

Постоянные кондиции разрабатываются по результатам детальной разведки, а для эксплуатируемых месторождений – по данным разведки и материалам эксплуатационных работ. Постоянные кондиции используются - для оконтуривания, подсчёта и утверждения запасов минерального сырья; геолого-экономической оценки подсчитанных запасов, ведения геологоразведочных работ на месторождении, составления проектов горнодобывающих предприятий; планирования и ведения добычи, контроля выполнения правил по охране недр.

Для угольных месторождений кондициями предусматриваются и обосновываются следующие параметры:

1. минимальная истинная мощность пластов угля: для пластов сложного строения мощность определяется по сумме вынимаемых совместно угольных и внутрипластовых породных прослоев; для тонких угольных пластов – по суммарной мощности пласта и присекаемых пород;
2. максимальная мощность породных прослоев, включаемых в пласт сложного строения при валовой его выемке; и минимальная мощность породных прослоев, подлежащих селективной выемке;
3. максимальная материнская зольность угля - A^c для пластов сложного строения и тонких пластов, намечаемых к отработке с присечкой боковых пород.
4. специальные требования к качеству углей помимо показателей, регламентированных действующими для соответствующих направлений их использования;
5. требования к гидрогеологическим, инженерно-геологическим и горнотехническим условиям разработки месторождений к промышленной оценке пластов (участков, блоков) с особо сложными горно-

геологическими условиями разработки вследствие малого количества запасов, разобщённости площадей промышленного распространения пластов, интенсивной нарушенности и других причин, осложняющих ведение горных работ, предельная глубина отработки пластов.

Путём сопоставления и анализа различных вариантов мощностей предприятия, общих удельных капитальных затрат, себестоимости добычи и других технико-экономических данных выбирается оптимальный вариант минимальной мощности пластов, максимальной зольности угля и уточняются другие показатели кондиций.

При выборе оптимального значения величины минимальной мощности пласта учитываются:

- глубина и условия залегания (угол падения) пластов, в значительной мере определяющие способ и системы разработки месторождения;
- сложность морфологии пласта и степень изменчивости его мощности и строения по простиранию и падению;
- крепость угля, крепость и устойчивость вмещающих пород;
- повышенная газоносность и водообильность, требующие особых мероприятий при проведении горных работ.

При составлении проекта кондиций должна быть проверена возможность открытого способа эксплуатационных работ. В первом приближении такая возможность определяется мощностью и характером залегания угольных пластов, гидрогеологическими, инженерно-геологическими условиями месторождения. Один из ведущих показателей в этом случае является коэффициент вскрыши - соотношение объема пород вскрыши к массе добываемого угля ($\text{м}^3/\text{т}$).

Минимальное промышленное содержание полезного компонента.

Для рудных месторождений в практике угольной промышленности для определения кондиционности запасов разработаны методические ука-

зания к технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов, где экономическим критерием служит коэффициент кондиционности, устанавливающий соотношения между предельными (замыкающими) и индивидуальными затратами на 1 т конечной продукции у потребителя (но без затрат у последнего на подготовку топлива для сжигания).

Коэффициент кондиционности $K_{\text{конд}}$ рассчитывается по формуле

$$K_{\text{конд}} = \frac{I}{I_0} \quad I = c + E_n \frac{K}{M\mu}$$

Где I – индивидуальные приведенные затраты по данному месторождению (участку) на 1 т конечной продукции; I_0 – аналогичная I по структуре и размерности удельная величина предельных затрат; c – себестоимость 1 т условного топлива или 1 т концентрата; K – предстоящие капитальные вложения, необходимые для отработки поля шахты, разреза (участка); M – годовая проектная мощность предприятия по натуральному топливу.

Запасы поля (участка) считают кондиционными, если для них коэффициент кондиционности $K_{\text{конд}} < 1$.

При определении кондиций к числу наиболее сложных вопросов относятся: оценка кондиционности пластов и участков с особо сложными горно-геологическими условиями (с малыми запасами, разобщенных, с интенсивными нарушениями, требующих специальных выработок для их вскрытия и подготовки и др.).

Расчет коэффициента кондиционности по шахтному полю в целом или части его, отрабатываемой за определенный период (20 – 30 лет), не позволяет установить целесообразность выемки угля на участках со сложными горно-геологическими условиями, так как неудовлетворительные показатели по этим участкам перекрываются хорошими показателями на других участках.

Поэтому участки со сложными условиями требуется рассматривать отдельно, но при этом учитывать, что шахта практически никогда не отрабатывает участки только со сложными условиями; добыча из этих участков является частью добычи всей шахты.

Имеются два подхода к решению этого вопроса. Предпочтительнее второй, смысл которого состоит в следующем.

Вначале рассматривается вариант с минимальными запасами, т. е. с исключением всех участков со сложными условиями, отработка которых технически возможна (участки, отработка которых технически, по условиям безопасности или другим причинам невозможна, сразу исключаются из дальнейшего рассмотрения). Если коэффициент кондиционности для шахтного поля (или части его в пределах расчетного периода) оказался меньше единицы, то постепенно, например в порядке убывающей благоприятности (т.е. в порядке возрастающих индивидуальных затрат) и с учетом других конкретных условий добавляются участки со сложными условиями, по которым коэффициент кондиционности выше, чем по варианту с минимальными запасами. Такая процедура продолжается до тех пор, пока коэффициент кондиционности по шахтному полю будет оставаться меньше единицы. При этом участки со сложными условиями принимаются по их долевному участию в общей добыче.

При такой процедуре будет обеспечена максимальная полнота извлечения запасов с допустимыми (не превышающими замыкающих) затратами на их добычу, при этом могут быть включены и такие участки, при выемке запасов которых экономические результаты работы предприятия будут хуже среднеотраслевых. При достаточном числе участков с благоприятными условиями в дальнейшем можно отказаться от разработки худших участков.

Такой подход нам представляется предпочтительным, так как

- обеспечивается максимальная полнота извлечения запасов;

- происходит прямой отбор участков в порядке убывающей благоприятности, который в зависимости от определенных условий может быть остановлен на любом участке.

Наиболее ответственным показателем кондиций является минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде, определение которого связано с трудоёмкими специальными технико-экономическим расчётами. Оно определяется из условий равенства стоимости получаемой готовой продукции и полной себестоимости добычи и переработки руды:

$$C \cdot Ц = З,$$

где C - количество готовой продукции в единице минерального сырья руды, например в 1 т; $Ц$ - цена за единицу готовой продукции; $З$ - затраты на добычу и переработку единицы минерального сырья.

Следовательно, минимальное промышленное содержание является таким содержанием полезного компонента в руде, при котором обеспечивается безубыточное использование данного сырья в настоящее время.

Для других твёрдых полезных ископаемых минимальное промышленное содержание определяется по формуле:

$$C = \frac{З}{Ц \cdot И \cdot Р},$$

где C – минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде, например количество граммов золота в 1 т руды; $З$ - сумма всех затрат, связанных с добычей, переработкой и транспортировкой единицы минерального сырья, например 1 т руды, в руб.; $Ц$ - цена, установленная государством за единицу минерального сырья, например, за 1 г золота в руб.; $И$ - коэффициент извлечения полезного компонента из руды; $Р$ - коэффициент, учитывающий разубоживание.

Минимальное промышленное содержание (С) полезного компонента в руде может быть выражено в процентах, тогда в числитель общей формулы следует добавить показатель 100.

Коэффициент извлечения (И) определяется по данным технологических испытаний как отношение количества полезного компонента, перешедшего в концентрат (при обогащении) или непосредственно в готовую продукцию при других способах переработки, к общему количеству полезного компонента в руде. Коэффициент, учитывающий разубоживание (Р), следует определять как отношение содержания полезного компонента в добытой руде к содержанию полезного компонента в недрах (в массиве) по формуле

$$P = T : H,$$

где Т - содержание полезного компонента в добытой (товарной) руде, в % или г/м³ песков; Н - содержание полезного компонента в недрах (массиве) в тех же единицах.

Затраты включают следующие основные виды: а) затраты, связанные с добычей минерального сырья; б) переработкой; в) с транспортировкой, г) затраты на амортизацию. Коротко расшифруем затраты по видам. Для определения затрат, связанных с добычей руды, необходимо знать:

1. Масштаб месторождения, количество запасов и возможные масштабы добычи. При выборе масштаба добычи определяющим фактором является современная и перспективная потребность в данном минеральном сырье в целом по стране и для данного экономического района. При этом должны учитываться только разведанные запасы сырья категории А, В, С₁.
2. Условия залегания тел полезных ископаемых, их форма и размеры по простиранию, падению и мощности, тектоническая нарушенность, служащие обоснованием для выбора способа и системы разработки; глубина залегания, объем и стоимость вскрышных работ.

3. Внутреннее строение тел полезных ископаемых, наличие безрудных участков.
4. Горно-технические условия отработки – крепость минерального сырья и вмещающих пород, устойчивость, способность к вспучиванию, оплыванию и т.п.
5. Гидрогеологические условия отработки месторождения, знание которых необходимо для определения ожидаемых притоков и проектирования предупредительных мероприятий.
6. Затраты связанные с переработкой минерального сырья. Для этого необходимо знать:
 - 1) Минеральный и химический состав сырья: крупность отдельных зерен (кристаллов), их взаимоотношение – между собой и с нерудными минералами, что важно для установления степени дробления, выбора способа обогащения.
 - 2) Физико-механические свойства минерального сырья – крепость, влажность и т. д., что важно для технологии переработки.
 - 3) Технологические свойства минерального сырья (схема обогащения) или непосредственной переработки минерального сырья, коэффициент извлечения полезного компонента.
 - 4) Наличие попутных полезных компонентов, коэффициент извлечения.
 - 5) Наличие вредных примесей и способы их устранения – обжиг, промывка, флотация.

Затраты, связанные с транспортировкой. При определении таких затрат необходимо учитывать:

1. Доставку минерального сырья от места добычи до места переработки, т. е. от горнодобывающего предприятия до обогатительной фаб-

рики или завода; виды транспорта- железная дорога, автотранспорт, воздушная канатная дорога и др.

2. Доставку концентратов от обогатительной фабрики до завода (потребителя): географо-экономические факторы района – удалённость от. станций ж.д. магистрали (потребителя), состояние автодорожного хозяйства, климатические условия, возможность круглогодичной транспортировки и др.

В целом кондиции представляют собой технически и экономически обоснованные предельные требования горнодобывающей промышленности к количеству, качеству и горно-геологическим параметрам месторождения, при которых обеспечивается оптимальный вариант оконтуривания, подсчета запасов и разработки месторождения.

5. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ И ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ

В РФ установлены единые принципы подсчета и государственного учета запасов и оценки прогнозных ресурсов - твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых в недрах. Рассмотрим классификацию запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. На основе этой классификации разработаны и утверждены Государственной комиссией по запасам инструкции по ее применению к месторождениям различных видов полезных ископаемых.

Под запасами и прогнозными ресурсами понимается количество полезного ископаемого и полезных компонентов в пределах месторождения или его участка, определенное в недрах, т.е. без вычета потерь при добыче. В соответствии с народнохозяйственным значением выделяются две группы запасов: балансовые и забалансовые. Подсчет и учет запасов полезных ископаемых осуществляется по результатам геологоразведочных и горнодобычных работ. Подсчет запасов полезных ископаемых – это определение количества и качества минерального сырья в недрах. Подсчет включает следующие операции: оконтуривание месторождения, разделение запасов по народнохозяйственному значению, степени разведанности, залеганию, качеству руд и условиям их добычи, выделение подсчетных блоков по мощности, содержанию и другим значениям, определение средних значений параметров, количественный подсчет запасов по каждому выделенному блоку. Подсчет запасов производится на всех стадиях геологоразведочных работ, но особое значение подсчет запасов приобретает на стадиях предварительной и детальной разведки. По данным предварительной разведки подсчет запасов сопровождается составлением технико-экономического доклада (ТЭД) и кондиций по месторождению, а на стадии детальной разведки является исходным материалом для проектирования горнодобывающего предприятия. Подсчитанные запасы апробируются

и утверждаются государственной или территориальной комиссией по запасам. Данные о запасах используются при составлении планов развития добывающих и потребляющих минеральное сырье отраслей народного хозяйства. На их базе ведется проектирование горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, проходческих и очистных работ, а также эксплуатационной разведки.

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых оцениваются в пределах рудоперспективных территорий и отдельных месторождений на основе геологических предпосылок, выявленных в процессе геологического картирования, геофизических и др. предпосылок. Сведения о прогнозных ресурсах учитываются при планировании разведочных работ.

Запасы и прогнозные ресурсы дифференцируются по видам полезных ископаемых, основным и сопутствующим компонентам. К балансовым запасам относятся запасы, использование которых согласно утвержденным кондициям, экономически целесообразно при существующей или осваиваемой технике и технологии, с соблюдением требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды. Забалансовыми считаются запасы, которые в настоящее время использовать экономически нецелесообразно или технически или технологически невозможно, но в будущем они могут быть переведены в балансовые. К забалансовым запасы могут быть отнесены - из-за малого количества полезного ископаемого или полезного компонента, низкого содержания, высокого содержания вредной примеси, малой мощности полезного ископаемого, особо сложных условий разработки, необходимости применения дорогостоящих и сложных схем обогащения или переработки.

Запасы твердых полезных ископаемых подразделяются по степени их изученности на категории А, В, С₁ и С₂. Запасы первых трех категорий относятся к разведанным, запасы категории С₂ - к предварительно оцененным. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых подразделяются

по степени их обоснования на категории P_1 , P_2 и P_3 . Наиболее детально изучают запасы категорий А и В.

Контур запасов категории А определяется в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и/или горным выработкам. При этом необходимо выяснить размеры, форму и условия залегания полезных ископаемых, оконтурить внутри их безрудные и некондиционные участки. Необходимо также изучить характер и особенности изменчивости морфологии и внутреннего строения этих тел, технологические свойства полезных ископаемых, гидро-, инженерно- и горнотехнические условия с детальностью, необходимой для составления проекта разработки месторождения. Кроме того, определяют природные разновидности, промышленные типы и сорта полезного ископаемого, их состав, свойства и распределение полезных и вредных компонентов по минеральным формам.

Запасы категории В должны близко удовлетворять указанным для категории А требованиям. Однако, в отличие от них, при изучении формы, условий залегания и внутреннего строения тел полезных ископаемых устанавливаются лишь их основные особенности и изменчивость. Изучение технологических свойств полезного ископаемого производится с детальностью достаточной для выбора принципиальной технологической схемы.

Запасы категории C_1 имеют более низкую достоверность чем запасы категории В. Это касается структурно-морфологических факторов, степени изученности внутренних неоднородностей. Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические и другие природные основные показатели оцениваются предварительно. Технологические свойства запасов категории C_1 , изучаются в степени достаточной для определения их промышленной ценности.

Запасы категории C_2 относятся к предварительно оцененным и принципиально отличаются от промышленных запасов категорий А, В, C_1 . Их контур определяют на основании единичных скважин, горных вырабо-

ток и естественных обнажений, с учетом геофизических и геохимических данных. Качество и технологические свойства полезного ископаемого выявляют по результатам исследований лабораторных проб. Геологические, инженерно-геологические, горно-геологические и другие условия оцениваются по отдельным точкам наблюдения и по аналогии с подобными участками и месторождениями.

Прогнозные ресурсы обычно оцениваются в зависимости от детальности проведенного изучения недр и достоверности полученных данных. Выделяются три категории прогнозных ресурсов P_1 , P_2 , и P_3 .

Прогнозные ресурсы P_1 оцениваются, как правило, на флангах эксплуатируемых месторождений и учитывают возможность прироста запасов за счет расширения площади разведки за контуры запасов категории C_2 . Ресурсы этой категории подсчитываются на основе геологических, геофизических и геохимических исследований с учетом факторов локализации оруденения.

Прогнозные ресурсы категории P_2 характеризуют возможность обнаружения новых месторождений на основе выявленных при съемке проявлений минерального сырья, геофизических аномалий и единичных горных выработок. Количественная оценка прогнозных ресурсов категории P_2 осуществляется по предварительным параметрам по аналогии с известными месторождениями.

Прогнозные ресурсы категории P_3 позволяют оценить потенциальные возможности наличия новых промышленных месторождений по общегеологическим предпосылкам.

Как отмечалось выше, выделяются балансовые и забалансовые запасы. Такие названия связаны с формой учета, т.е. по каждому виду минерального сырья составлен баланс запасов с их количественной и качественной оценкой. Запасы, составляющие его основу, и стали называть балансовыми. Во многих случаях возможен перевод в балансовые забалансо-

вых запасов при изменении кондиций, технологий и т.д. Отнесение к балансовым или забалансовым запасам, заключенных в охранных целиках капитальных сооружений, жилых помещений, сельскохозяйственных и других объектах, определяется с учетом затрат на перенос сооружений или применение специальных методов отработки этих запасов.

Подготовка месторождений для передачи их в промышленное освоение осуществляется в процессе геологоразведочных работ. Необходимая при этом степень изученности зависит от сложности геологического строения и распределения полезных компонентов, а также от социально-экономических факторов. С учетом этого месторождения разделяются на четыре группы:

I группа месторождений характеризуется простым геологическим строением. Запасы заключены преимущественно в простых по форме и внутреннему строению телах полезных ископаемых с выдержанной мощностью и равномерным распределением основных полезных компонентов (Керченский железорудный бассейн, марганцевые месторождения Грузии). На таких месторождениях в процессе детальной разведки выявляют запасы категорий А и В. Главным техническим средством разведки месторождений служат буровые скважины.

II группа объединяет месторождения сложного геологического строения с изменчивой мощностью и внутренним строением тел полезного ископаемого, относительно невыдержанным качеством и неравномерным распределением полезных компонентов. Сюда же относятся месторождения углей и ископаемых солей простого геологического строения со сложными горно-геологическими условиями разработки. Разведка осуществляется по категориям В и С₁.

III группа месторождений определяется очень сложным геологическим строением с резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения тел полезного ископаемого и весьма неравномерным распре-

делением основных ценных компонентов. Запасы подлежат разведке по категории C_1 и частично C_2 . II и III группа разведываются как буровыми скважинами (месторождения железа, хрома, алюминия) так и горно-буровыми системами (остальные месторождения черных и цветных металлов).

IV группа включает месторождения металлов и неметаллического сырья весьма сложного геологического строения, с крайне неравномерным распределением полезного компонента. Запасы разведуют по категориям C_1 и C_2 с выполнением больших объемов горных выработок, в т.ч. и подземных. Дальнейшая их разведка совмещается с их вскрытием и подготовкой к разработке. К этой группе относятся месторождения ртути, золота, горного хрусталя и некоторых других полезных ископаемых, обязательно широкое применение геофизических исследований. Подготовленными для промышленного освоения и, следовательно, проектирования горнодобывающего предприятия считаются месторождения, имеющие балансовые запасы различных категорий в соотношениях, указанных в таблице 18.

Таблица 18

Требуемые соотношения различных категорий балансовых запасов, используемых при проектировании горнодобывающего предприятия

Категория запасов	Металлы и неметаллические ископаемые				Уголь		
	Группы						
	I	II	III	IV	I	II	III
A+B	30	20	-	-	50	50	-
в т.ч. А	10	-	-	-	20	20	-
C ₁	70	80	80	20-50	50	50	100
C ₂	-	-	20	80-50	-	-	-

Месторождения полезных ископаемых по степени их изученности подразделяются на разведанные и оцененные.

К разведанным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горно-технические

условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего предприятия.

К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горно-технические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки.

5.2. ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЯ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

По особенностям геологического строения, выдержанности, мощности, строению угольных пластов, сложности условий их залегания и горно-геологических условий разработки, угольные месторождения подразделяют на три группы по "Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых".

Согласно, установленным классификацией критериям, к этим группам относятся угольные месторождения:

- к I группе: с мощными и сверхмощными пластами, с пологим ненарушенным или слабо нарушенным залеганием (Канско-Ачинский бассейн, Экибастуз), а также приуроченные к простым складчатым или крупноблоковым структурам с выдержанными элементами залегания и преобладанием в разрезе выдержанных и относительно выдержанных пластов (средняя часть Донбасса, Ленинский, Беловский и Ерунаковский районы Кузбасса и отдельные районы Карагандинского и Печорского бассейнов);
- к II группе: а) с мощными и средней мощности относительно выдержанными пластами с пологим не нарушенным или слабо нарушенным залеганием (Днепровский и Подмосковский бассейны); б) с преобладанием мощных и средней мощности выдержанных и относительно выдержанных пластов, сложно складчатые и интенсивно осложненные тектоническими нарушениями структуры (Кемеровский, Анжерский, Пригорношорские районы Кузбасса, Тентекский район Карагандинского бассейна, отдельные районы Донбасса, Печорского и Челябинского бассейнов);
- к III группе: с преобладанием в разрезе продуктивных толщ невыдержанных пластов, а также с преобладанием в разрезе выдержанных и относительно выдержанных пластов, но при очень слож-

ных условиях их залегания и интенсивной тектонической нарушенности (о. Сахалин, Присалаирские районы и Анжеро-Судженский район Кузбасса, месторождения Дальнего Востока). На крупных месторождениях возможно выделение отдельных участков, относимых к различным группам сложности с учетом особенностей тектоники и угленосности.

Запасы угля на участках, подлежащих первоначальному освоению должны быть преимущественно разведаны по категориям А+В и обеспечивать работу угледобывающего предприятия на срок не менее 10-15 лет (табл. 19). Подсчитанные запасы углей подразделяются по маркам и технологическим группам.

Таблица 19

Ориентировочные расстояния между выработками в плоскости пласта в тектонически однородных блоках, м

Группа	Категории запасов					
	А		В		С ₁	
	Между линиями	Шаг скважин в линии	Между линиями	Шаг скважин в линии	Между линиями	Шаг скважин в линии
I	600-800	200-400	800-1200	400-600	до 2000	до 1000
II	300-400	150-250	400-600	200-300	до 1000	до 500
III	-	-	250-300	150-250	до 500	до 300

5.3. ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

К I группе принадлежат преимущественно осадочные пластовые горизонтально или пологозалегающие месторождения простого строения с устойчивой мощностью и качеством (Керченский бассейн).

Во II группе выделяются две подгруппы:

1. крупные пластовые и линзообразные тела со сложными условиями залегания, но высоким и выдержанным качеством руд (месторождения КМА, Кривбасса);
2. крупные и средние месторождения преимущественно магматического и скарнового генезиса линзо-, штоко-, столбо- и трубообразной формы, сложного строения с невыдержанным качеством (Качканарское, Соколово-Сарбайское, Коршуновское).

К III группе (имеющей ограниченное промышленное значение) относятся небольшие скарновые месторождения Горной Шории и Хакасии (Ирбинское, Казское) отдельные участки магматических и метаморфических месторождений с мелкими и средними телами сложной формы, невыдержанные по мощности и качеству или расположенные в зонах тектонических нарушений.

Месторождения I группы обычно разведываются по квадратной сетке с параметрами: для категорий А, В и С₁ соответственно 200х200, 400х400, 800х800 м.

Месторождения II группы до категории А разведывать нецелесообразно. Запасы категорий В и С₁ получают при помощи буровой разведки по прямоугольной сети. В подгруппе "а" разведочная сеть для категорий В (100-300)х(100-200) м и (400-600)х(200-400) м для категории С. В подгруппе "в" густота разведочной сети более высокая: (75-100)х(50-100) для категории В и (150-300)х(100-200) м – для категории С₁.

Разведка месторождений III группы производится буровыми скважинами по сети (50-100)х(50-100) м только до категории С₁. Запасы кате-

гории C_2 на месторождениях железа всех групп сложности геологического строения подсчитываются на основании редкой сети буровых скважин, подтверждающих природу геофизических аномалий.

5.4. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗАПАСАМ

Промышленными называются запасы из числа балансовых за вычетом плановых потерь, предусмотренных проектами разработок месторождений. По степени подготовленности к добыче промышленные запасы подразделяются на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке.

При подземной разработке вскрытыми называются запасы, подсеченные горными выработками эксплуатационного сечения, из которых в дальнейшем проходят горные выработки для подготовки запасов к добыче. Вскрытые запасы оконтуриваются по восстанию от горизонта квершлага или штольни до верхнего выклинивания залежи или в пределах границ шахтного поля; вкрест простирания – в пределах всей мощности залежи. К подготовленным относятся запасы из числа вскрытых, для которых пройдены все горно-подготовительные выработки, предусмотренные проектом, в соответствии с принятой системой разработки и разделяющие этаж на выемочные (эксплуатационные) блоки, камеры или панели. К готовым к выемке – запасы, для которых выполнены все нарядные работы, необходимые для ведения очистной выемки. Добыча полезного ископаемого из таких блоков возможна без проведения дополнительных работ.

Для успешной деятельности горных предприятий установлены определенные нормативы подготовленных и готовых к выемке полезных ископаемых. Нормативы промышленных запасов – это оптимальное количество готовых и подготовленных к выемке запасов руды по горнодобывающему предприятию, обеспечивающие его ритмичную, рентабельную работу. Уменьшение количества готовых и подготовленных запасов ниже нормативов приводит к ограничению фронта работ, невыполнению плановых объемов добычи руды, росту себестоимости, снижению производительно-

сти труда и прибыли. Значительное превышение запасов над нормативами обеспечивает достаточный фронт работ, но ухудшает финансовое положение предприятия, т.к. уменьшаются оборотные средства, вложенные в подготовительные выработки или вскрышные работы, увеличиваются затраты на поддержание преждевременно пройденных выработок. Нормативы зависят от горно-геологических условий, схемы вскрытия месторождения, систем разработки, применяемого оборудования. Особое внимание следует уделить блокировке запасов угольных месторождений.

Группа 1. К этой группе относятся месторождения простого строения с выдержанной мощностью основных рабочих пластов и качеством углей. Для месторождений этой группы не менее 50% запасов должно быть разведано по категориям А и В, в т.ч. не менее 20% по категории А. Значительное превышение количества разведанных запасов категорий А и В по сравнению с указанным пределом без должного основания нецелесообразно, за исключением небольших месторождений, разработка которых производится без эксплуатационной разведки.

Группа 2. К этой группе относятся месторождения сложного строения или с преимущественно изменчивыми мощностью и строением основных рабочих пластов либо с невыдержанным качеством угля (на которых выявление запасов категории А в процессе детальной разведки нецелесообразно вследствие очень высокой стоимости разведочных работ). Для месторождений этой группы запасов по категории В должны составлять не менее 50% общих запасов категорий В и С₁.

Группа 3. К этой группе относятся месторождения очень сложного строения или с очень сложными изменчивыми мощностью и строением пластов или с очень невыдержанным качеством углей, на которых в процессе разведки нецелесообразно выявлять запасы категории В.

Проектирование горнодобывающих предприятий, выделение капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих

щих предприятий допускается на базе запасов категории С₁. Группировка может быть увязана с группировками угольных пластов по степени выдержанности детально разведываемых площадей, по степени тектонической сложности, следующим образом. Запасы категорий В и А должны обеспечивать работу предприятия не менее чем на половину намеченного срока эксплуатации. Далее в процессе эксплуатации осуществляется планомерный, увязанный с планами развития горно-эксплуатационных работ, перевод запасов из более низких категорий в более высокие. При этом, такой перевод обеспечен получением в процессе отработки более полноценных, чем разведочные, данных и потребует меньших затрат-средств, на его осуществление. Следовательно, наиболее высокой достоверностью должны обладать участки первоочередного освоения. Фланги шахтного поля и отдельных крупных эксплуатационных блоков, глубокие горизонты обычно разведываются в меньшей степени. Особое внимание следует уделять изучению угольных пластов на их выходах под покровные отложения, где необходимо с достаточной степенью достоверности установить положение выхода пласта, границы зон окисления и выветривания углей. Детальное прослеживание выходов угольных пластов способствует расшифровке деталей тектоники, позволяя при небольшом объеме буровых работ устанавливать наличие, характер и амплитуды мелких разрывных нарушений. Таким образом, направление работ на стадии разведки должно тесно увязываться со схемой вскрытия и разработки разведываемого участка и принцип равномерного освещения его разведочными выработками, характерный для предыдущих стадий разведочного процесса, здесь неприменим. При полностью проведенной предварительной разведке и при надлежащей увязке заданий и направления детальной разведки с заинтересованными проектными и эксплуатационными организациями, при проектировании этой стадии работ можно заранее наметить те блоки, запасы на которых должны быть разведаны по категориям А и В.

Для отнесения запасов к категории А должны быть следующие условия: расположение выработок и расстояния между ними обеспечивают полное выявление условий залегания пласта и не допускают возможности других вариантов структурных построений; при нарушенном залегании положение каждого структурного элемента крыла складки, тектонического блока, ограниченного нарушениями, должно быть определено однозначно не менее чем тремя выработками, расположенными не по одной прямой линии; общие закономерности в проявлении мелкоамплитудной нарушенности выявлены в степени, позволяющей оценить их влияние на ход эксплуатационных работ;

количество выработок, вскрывших пласт и расстояния между ними достаточны для достоверного установления синонимии пласта и степени его выдержанности по мощности, строению и основным показателям качества угля в пределах выделенного блока подсчета запасов. Для мощных пластов сложного строения, по которым предусмотрена отдельная добыча по отдельным пачкам, расстояния между выработками должны обеспечивать уверенную параллелизацию выделенных пачек.

в среднем для подсчетного блока данные о мощности пласта определены по достаточному количеству пластопересечений; при использовании для определения мощности строения и глубины пласта, данных бурения обеспечен высокий выход керна по углю и вмещающим пласт породам кровли и почвы, а также использованы результаты каротажа.

качество и технологические свойства углей изучены с детальностью, обеспечивающей получение данных по марочному составу угля, зольности, сернистости, окисленности и т.д.

природные факторы (гидрогеологические, инженерно-геологические и др.), определяющие условия ведения горно-эксплуатационных работ, изучены детально, природная газоносность, геотермические условия и другие

горно-геологические особенности освещены в соответствии с требованиями действующих инструкций.

Запасы категории В требуют выполнение следующих условий:

1. количество выработок, вскрывших пласт, достоверность полученных по ним данных и расстояния между выработками, обеспечивают установление синонимии пласта и определение общей степени его выдержанности в пределах выделенного блока подсчета запасов. Однако принятые для подсчета запасов данные о мощности пласта и увязке отдельных пачек вследствие недостаточной плотности разведочной сети или сложности разреза продуктивной толщи и самих пластов подлежат дальнейшему изучению.
2. основные особенности условий залегания пластов выявлены, но детали тектоники требуют уточнения, возможна дополнительная нарушенность, наличие локальных мелких зон разрывов, уточнения пластов, замещения углей породой, положение и контуры которых требуют уточнения.
3. качество и технологические свойства углей изучены в степени, обеспечивающей определение направлений рационального промышленного их использования. Общая закономерность в распределении углей, различных по природным свойствам и промышленной маркировке, установлена без точного отображения пространственного положения каждого типа и границ марочного состава.
4. природные факторы, определяющие условия ведения горно-эксплуатационных работ, изучены достаточно полно.

К категории C_1 относятся запасы углей, заключенных в пласт, представление о синонимии которых или об их мощности, строении и степени выдержанности, а также контурах промышленного значения определены в общих чертах; качество углей и направление их промышленного использования выяснены предварительно по недостаточному объему исследований

или по аналогии с соседними изученными участками; природные факторы, определяющие условия ведения горных работ, установлены предварительно, в основном методом аналогии с учетом общих геологических данных.

К категории C_2 относятся запасы углей, заключенные в пластах, представление о синонимике которых или об их мощности, строении, условиях залегания и качестве углей, основываются на общих геологических и геофизических данных, подтвержденных вскрытием, опробованием в отдельных пачках или по аналогии с примыкающими разведанными площадями.

Часто даже при большой густоте разведочной сети и высоком качестве проходки разведочных выработок многие важные для освоения запасов, но сложные для познания закономерности остаются не установленными. В частности, условно усреднение мощности пластов при резких колебаниях их мощности и строения, слабой обоснованности прогноза и отсутствия отчетливого представления о характере и степени интенсивности проявления мелко амплитудной нарушенности. Условность построений достаточно определенно устанавливается обычной разведочной сетью, а общая геологическая обстановка уточняется выработками проходимыми на опорных профилях .

Разведанные запасы углей (категории $A + B + C_1 + C_2$) составляют 201,7 млрд.т. В том числе 192 млрд.т. в бассейнах с преобладанием мощных пластов. Большая часть запасов связана со сравнительно небольшим числом крупных и крупнейших по масштабу месторождений, в то время как остальная, существенно меньшая часть запасов, приходится на долю большего количества средних и мелких месторождений.

5.5. ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ УГЛЕЙ

Общая цифра этих ресурсов в РФ составляет 4,45 тыс. млрд. т.

Сюда входят ресурсы: сосредоточенные по падению от контура разведанных запасов; центральных более глубоких частей прогибов, новых

районов и площадей с зафиксированными признаками наличия мощных пластов. Ресурсы на площадях, прилегающих к разведанным полям верхних горизонтов мало перспективны в отношении мощных слитных пластов. Такие площади в большей мере отвечают зонам расщепления угольных залежей. Т.е. доля мощных пластов в этих ресурсах не более 10% (табл. 20, 21).

Таблица 20

Оценка распределения разведанных кондиционных запасов угля (бышего СССР) по типам месторождений и пластам разной мощности, млрд. т (%)

Показатели	Типы месторождений			Всего
	1	2	3	
1	2	3	4	5
Запасы разведанные кондиционные (А+В+С ₁ +С ₂)	225	192	2	419
Из них в бассейнах с пластами > 3,1 м	148(100)	186(100)	2(100)	336(100)
В т.ч. пластах мощностью,				
До 3,1	96.2(65)	18.6(10)	-	114.8(32.4)
3,1 – 10,0	44.4(30)	37.2(20)	0.2(10)	81.8(24.3)
10,0 – 31,5	7.4(5)	74.4(40)	0.6(30)	82.4(24.5)
31,5 и более	-	55.8(30)	1.2(60)	57.0(17.0)
Всего в пластах мощностью, м				
3,1	51.8(35)	167.4(90)	2.0(100)	221.2(65.8)
10,0	7.4(5)	130.2(70)	1.8(90)	139.4(41.5)
31,5	-	55.8(30)	1.2(60)	57.0(17.0)
Запасы пригодные для открытой разработки	15(10.1)	148(79.6)	1.3(65)	164.3(49)

К I типу относятся Кузнецкий и Карагандинский бассейны;
 Ко II типу – Канско-Ачинский, Иркутский и Тургайский бассейны;
 К III типу – Южно-Уральский.

Таблица 21

Сопоставление запасов и прогнозных ресурсов

Характеристика	Запасы	Прогнозные ресурсы
Назначение	Используются для отраслей народного хозяйства при составлении перспективных планов	Используются при планировании геологоразведочных работ (съёмка, поиски, разведка)
Категория	A, B, C ₁ , C ₂	P ₁ , P ₂ , P ₃
Кондиции	Разрабатываются отдельно для каждого месторождения	Принимаются по аналогии с известными объектами
Оконтуривание	Блокировка запасов всех категорий показывается на графических документах	Контуры обычно не геометризуются
Глубина подсчета и оценки	Определяются глубиной разведки и эксплуатации с учетом дальнейшего развития геологоразведочных работ	Определяется минимально-возможной глубиной будущей эксплуатации
Утверждающая организация	Государственная комиссия по запасам	Специальная комиссия республиканского или регионального масштаба

5.6. ОКОНТУРИВАНИЕ И БЛОКИРОВКА ЗАПАСОВ

Оконтуривание запасов полезных ископаемых осуществляется преимущественно на разведочных стадиях, когда по результатам проходки горных выработок и скважин, а также геофизических исследований проводятся линии контуров месторождений, участков, рудных тел (залежей) и отдельных блоков.

Оконтуривание – процесс ограничения тела полезного ископаемого в пространстве. Обычно он состоит из двух процедур: определение положения опорных точек и соединение последних линией, которая называется контуром. Оконтуривание тел полезных ископаемых производится на графических материалах: планах, разрезах, проекциях и блок-диаграммах.

Выделяются естественные и искусственные контуры. К естественным контурам относятся: нулевой контур, представляющий собой линию полного выклинивания тела полезного ископаемого или ограничивающего область, в которой данный полезный компонент отсутствует и сортовой – разграничивающий минеральные типы или промышленные сорта полезного ископаемого.

Искусственные контуры связаны с естественными, но они проводятся чаще всего по формальному признаку. Искусственными являются контуры балансовых и забалансовых запасов, категорий запасов, шахтного поля и др. Положение естественных контуров не меняется во времени и пространстве. Оно может уточняться в результате получения дополнительных данных, а положение искусственных – зависит не только от объема наших знаний о теле полезного ископаемого, но и различных причин технико-экономического и организационного характера. Например, перевод части запасов из одной категории в другую, изменение минимального промышленного и бортового содержания и, как, следствие, изменение контура балансовых руд.

Естественными границами месторождения являются выходы нижнего или имеющего наибольшее площадное распространение под покровные отложения из оцениваемых угольных пластов, контуры генетического выклинивания и размывов угольных пластов, элементы тектонических разрывных нарушений, оси складок, элементы гидрографии.

В качестве искусственных границ принимаются границы намеченных горных отводов, при выборе которых, помимо естественных контуров месторождения, учитываются элементы ситуации и гидрографии поверхности, требующие оставления охранных целиков, населенные пункты, линии электропередач, транспортные магистрали, реки, и т.д., а также условные линии (плоскости) по поверхности и на глубине, запасами угля в контурах которых обеспечивается работа угледобывающего предприятия.

Общие границы подсчета запасов определяются в процессе составления технико-экономического обоснования детальной разведки и согласовываются с проектными и заинтересованными эксплуатационными организациями.

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

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

Исходными материалами для оконтуривания по разведочному пересечению (мощности) служат данные геологической документации и опробования разведочных скважин и горных выработок. Оконтуривание по мощности осуществляется по бортовому содержанию либо в геологиче-

ских границах. Оконтуривание по простиранию и падению может проводиться путем непрерывного прослеживания рудного тела или с использованием приемов интерполяции и экстраполяции.

Построение контуров (изолиний предельной мощности пластов и предельной зольности угля) производится интерполяцией или экстраполяцией соответствующих данных, полученных по выработкам, пересекающим пласт. При этом различают внутренние и внешние контуры подсчета (рис. 25).

Внутренний контур интерполируется через крайние выработки, пересекающие пласт с показателями мощности пласта и зольности угля, удовлетворяющими требованиям кондиций для подсчета запасов различным промышленным группам (балансовых или забалансовых).

Внешний контур, проводимый за пределами разведочных выработок, вскрывших пласт с кондиционными показателями, отражает предположения об естественных границах промышленного распространения пласта путем экстраполяции полученных при разведке данных. Экстраполяция может быть:

- ограниченной, когда контур проводится между выработками вскрывающими пласт с кондиционными показателями, и выработками вскрывающими пласт с некондиционными показателями или установившими отсутствие пласта (рис. 26);

неограниченной, когда за внутренним контуром выработки отсутствуют или находятся на таком значительном расстоянии, что использование данных по ним для построения и выводов необоснованно.

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

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

Запасы угля по пласту в целом (общие и по категориям) получаются суммированием запасов, заключенных в отдельных блоках.

Подразделение площадей подсчета на геологические блоки производится с последовательным учетом тектоники оцениваемой площади, изменчивости качества угля и особенностей морфологии пластов.

Влияние тектоники на блокировку площади подсчета запасов рассматривается в зависимости от группировки шахтных полей.

Для угленосных площадей I группы выделяются локальные участки с усложненной гипсометрией почвы угольных пластов. Для площадей II-IV групп тектонической сложности, выделяемые при подсчете геологические блоки, должны быть приурочены к определенному элементу пликативной (крылу, донной или залежевой части складок) и разрывной (текто-

ническому блоку) структуры, обладающих в пределах выделенного блока одинаковыми или близкими элементами залегания пласта. Различия в подсчете запасов на участках различных тектонических групп по существу заключаются в размерности выделяемых блоков. Участки, пораженные мелкоамплитудной нарушенностью, объединяются в единые блоки запасов, в которых даже при высокой выдержанности пластов, запасы подсчитываются обычно по низким категориям.

На угленосных площадях IV группы тектонической сложности отстройка зон вблизи многочисленных разрывных нарушений утрачивает смысл. Границы блоков совмещаются обычно с разрывными нарушениями, амплитуды которых определяют отдельную отработку запасов в выделенных блоках. При наличии данных эксплуатации о количествах добываемых и списываемых в таких блоках запасов угля допускается использование поправочных коэффициентов.

Качество угля оказывает на блокировку подсчетных площадей ограниченное влияние. Изменчивость зольности угля учитывается лишь в тех случаях, когда величина ее близка к предельно допустимой. Такие блоки выделяются отдельно. Выветренные, окисленные и не окисленные угли относятся к разным блокам. Угли смежных марок и технологических групп могут быть включены в отдельный подсчетный блок с последующим вычислением количества заключенных в нем запасов углей отдельных марок (групп) по условно выделенным подблокам.

Выдержанность мощности пласта является ведущим фактором для выделения геологических блоков на полях I и II групп тектонической сложности. Для крупных не нарушенных или слабо нарушенных площадей учитывается: близость мощности пласта к пределу, установленному условиями, размеры колебаний мощности пласта в смежных выработках, наличие расщепления и размывов, тектонических раздувов и пережимов и т.п.

Площади, примыкающие к зонам расщепления пластов, контурам их размывов, объединяющие зоны известного или предполагаемого развития мелкоамплитудной тектоники, выделяют в самостоятельные блоки подсчета, поскольку проявление этих факторов резко отражается на горно-геологических условиях эксплуатации. Близость мощности пласта к пределу, установленному условиями требует выделение блоков с мощностями выше кондиционных; а наличие в одном блоке участков с резкими колебаниями мощности пласта снижает категорию запасов.

В категориях, по которым оцениваются запасы того или другого подсчетного блока, обобщаются как представления о пространственной изменчивости морфологии пласта (залежи), качества угля и условий залегания, так и степень изученности этих закономерностей, полнота и представительность использованных данных.

Неоправданным является выделение в качестве самостоятельных тех блоков подсчета площадей, границами которых принимаются эксплуатационные горизонты, изогипсы, линии перехода углей из одной технологической группы в другую, границы шахтных полей разведанных с различной степенью детальности участков, и другие условные линии. Такое выделение, с одной стороны, нарушает общий принцип оконтуривания площадей с различной степенью разведанностью, производимого по граничным выработкам, определяющим внутренние контуры подсчета, с другой стороны – точность подсчета уменьшается за счет снижения числа выработок участвующих в расчете средних для показателей.

5.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ К ПОДСЧЕТУ ЗАПАСОВ

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

Площади определяются в результате оконтуривания рудных тел в целом или/и отдельных частей (блоков) на топографических и маркшейдерских планах, вертикальных или горизонтальных проекциях. Проекция рудных тел на горизонтальную плоскость осуществляется при их пологом залегании, а на вертикальную – при крутом падении. Измерение площадей является крайне ответственной операцией и выполняется двумя исполнителями.

Мощность рудных тел определяется по материалам опробования и геологической документации горных выработок и скважин, а также данным их каротажа. При пологом залегании рекомендуется замерять вертикальную мощность (m_v), а при крутом падении – горизонтальную (m_r). По керну или каротажу скважин мощность рудного тела ($m_{скв}$) определяется длиной интервала ее подсечения. Средняя мощность рудного тела определяется как среднее арифметическое значение частных замеров мощностей. При неравномерном распределении она может определяться как средневзвешенное на площади или на длину влияния частных замеров.

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

личестве, исключающем возможность погрешности в десятых долях г/см³. Производится пересчет средней плотности с учетом поправки на влажность.

Содержание полезного компонента в лабораторной пробе устанавливается в виде:

- процентного содержания элемента в пробе (Fe, Mn, Pb, Zn, Ni, Sb, Hg, Sn и др.);
- процентного содержания оксидов (W, Cr, Ta, Nb, Al и др.);
- весовых количеств минерала, выраженных в кг на 1м³ (слюда, пьезокварц и т.п.), в граммах на 1м³ (россыпи Au, Pt и др.), в мг и каратах на 1м³ (алмазы), в г/т (рудные месторождения золота и платины).

Для учета проб, резко выделяющихся по содержанию полезного компонента применяются поправочные коэффициенты, обычно получаемые эмпирическим путем.

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

Поправочные коэффициенты, учитывающиеся при подсчете, могут существенно изменить наши представления о количественной и качественной характеристике запасов и повлиять на технологию их отработки. К уменьшению запасов полезных компонентов приводят поправки на рудность. Увеличение запасов может быть связано с введением коэффициентов, учитывающих избирательное истирание керна или намыв ценных компонентов при разработке россыпей.

В общем случае количество полезного ископаемого Q определяют как произведение его объема V и объемной массы d :

$$Q = Vd$$

Количество полезного компонента P вычисляется как произведение количества полезного ископаемого Q и среднего содержания полезного компонента в подсчетном блоке C , выражаемого в процентах:

$$P = QC/100\%$$

Если V заменить на произведение $S \cdot m$, то получим общие формулы подсчета:

$$Q = S \cdot m \cdot d$$

$$P = S \cdot m \cdot d \cdot C/100$$

Расчетные показатели, входящие в эти формулы – площадь тела (блока, сечения и т.п.), средняя мощность полезного ископаемого в пределах подсчетного блока, среднее содержание полезного компонента в подсчетном блоке и средняя плотность полезного ископаемого – представляют собой исходные данные для подсчета запасов.

5.8. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Объемная масса – это масса единицы объема минерального сырья в монолите, в природном состоянии с учетом пустот и трещин.

Объемная масса руды является одним из главных параметров подсчета запасов.

Плотность. Плотностью называется масса единицы объема, измельченного в тонкий порошок минерального сырья, выраженная в килограммах или граммах.

Влажность. Полезное ископаемое в забое всегда содержит влагу, поэтому при подсчете запасов объемная масса учитывается с поправкой на влажность.

Коэффициент разрыхления. Это отношение объема некоторого количества отбитого полезного ископаемого к объему того же количества его в целике.

Истинная мощность рудного тела. Для подсчета запасов полезного ископаемого необходимо знать истинную мощность рудного тела в каждом его сечении (по горной выработке или скважине), а также среднюю истинную мощность по выработке, участку или блоку месторождения.

5.9. ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОДСЧЕТНЫХ БЛОКОВ

Подсчетный блок – это участок месторождения, однородный по строению, составу и качеству полезного ископаемого, находящийся в одинаковых горнотехнических условиях разработки и изученный с одинаковой детальностью во всех частях.

Для выделения подсчетного блока следует руководствоваться следующими принципами:

1. Подсчетный блок должен быть геологически и технически однородным;
2. Характеризоваться одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов, качество минерального сырья и горно-геологические условия его разработки;
3. Характеризоваться однородностью геологического строения или примерно одинаковой степенью его сложности и близкой степенью изменчивости мощности строения, вещественного состава полезного ископаемого и основных показателей качества и технологического состава сырья;
4. Характеризоваться выдержанностью условий залегания, определяемой приуроченностью блока к единому структурному элементу месторождения (крылу или замковой части складки, тектоническому блоку).

Оптимальный размер подсчетных блоков определяется двумя факторами: строением месторождения и плотностью разведочной сети, причем решающее значение имеет первый фактор.

Геологические разрезы расчленяют тело полезного ископаемого на отдельные участки – подсчетные блоки. Краевые блоки с одной стороны ограничены контуром рудного тела, с другой – первым (последним) разрезом. Внутренние блоки по простиранию тела ограничены разрезами, а по

бокам – контурами тела полезного ископаемого. Таким образом, границами подсчетного блока служат контуры тела полезного ископаемого и разрезы (сечения).

Для оконтуривания участков, подлежащих открытой добыче устанавливается предельный коэффициент вскрыши. Лимитная величина такого коэффициента оценивается из выражения:

$$K_{\text{ВСКР}} = C_{\text{П}} - C_{\text{О}} / C_{\text{ВСКР}},$$

где $C_{\text{П}}$ – себестоимость добычи 1 т руды (угля) подземным способом; $C_{\text{О}}$ – то же, открытым способом; $C_{\text{ВСКР}}$ – себестоимость извлечения 1 т (1 м³) вскрышных пород.

При подсчете запасов нефти, газа и подземных вод, являющихся динамическими объектами, устанавливаются специальные показатели, определяющие: пластовое давление, коэффициенты фильтрации, водо- и газонасыщенности пластов и т. д.

5.10. МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Выбор конкретного метода подсчета запасов зависит от геологических особенностей месторождения, из которых основное значение имеют форма тел полезных ископаемых и их изменчивость, а также сложность и неравномерность распределения полезных компонентов. На выбор метода подсчета влияют общие размеры месторождения и параметры разведочной сети.

Наиболее употребительны 3 метода подсчета запасов.

Метод среднего арифметического применяется при подсчете запасов простых тел полезных ископаемых в тех случаях, когда месторождение разведано скважинами или горными выработками, пересекающими тело полезных ископаемых по мощности. Он заключается в расчете средних значений исходных данных для всего месторождения или тела полезного ископаемого. При подсчете запасов этим способом сложный контур рудного тела как бы приводится к равновеликой фигуре, имеющей форму пластины, площадь которой равна площади рудного тела, а мощность (толщина) соответствует средней мощности, вычисленной по всем разведочным выработкам (рис. 27). Этот метод применяется также в качестве контрольного.

Метод геологических блоков заключается в разделении месторождения на ряд однородных по своим параметрам участков – геологических блоков. Внутри каждого такого подсчетного блока должны быть примерно одинаковыми: содержание полезных и вредных компонентов; мощность тела полезного ископаемого; условия залегания; сорт и тип полезного ископаемого; удельный вес полезного ископаемого; технологические свойства; гидрогеологические и инженерно-геологические условия; условия вскрытия и отработки; степень разведанности (рис. 28). Метод геологических блоков вследствие своей простоты и достаточно высокой достоверности применяется довольно часто, но обладает существенным недостатком -

при подготовке месторождения к эксплуатации часто приходится пере-
страивать подсчетные блоки применительно к системам разработки и про-
изводить пересчет запасов.

Метод разрезов или сечений является основным способом подсчета запасов при разведке рудных месторождений сложной формы, а также применяется при разведке угольных месторождений, со сложными усло-
виями залегания и невыдержанной мощностью пластов (рис. 29). Он имеет два основных варианта - вертикальных параллельных разрезов и горизон-
тальных параллельных разрезов. Отличие вариантов заключается в раз-
ном положении относительно тела полезного ископаемого и друг друга
разведочных выработок. Методика подсчета запасов практически одина-
кова: в пределах каждого разреза определяется площадь полезного иско-
паемого и среднее содержание полезного компонента, затем вычисляется
объем полезного ископаемого, заключенный между двумя соседними раз-
резами или между разрезом и контуром тела полезного ископаемого; далее
определяется количество руды в этом блоке и количество металла.

Итоговым документом геологоразведочных работ является отчет с
подсчетом запасов полезного ископаемого, который утверждается в госу-
дарственной комиссии по запасам. После утверждения запасы месторож-
дения ставятся на Государственный баланс. Эти материалы являются ос-
нованием для проектирования горнодобывающего предприятия.

6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

6.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

Изучение месторождения 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 прилежащем районе, доступном для эксплуатации;
- 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 часто удается обнаружить ранее не выявленные тела полезного ископаемого или их части, смещенные по тектоническим нарушениям в пределах месторождений; иногда выявляются и совершенно новые объекты на участках, прилегающих к месторождению. Так, наряду с отра-

боткой запасов полезного ископаемого наращиваются новые его запасы, благодаря чему продлевается жизнь предприятия.

Второе может быть достигнуто в результате тщательного изучения месторождения, выполнения необходимых гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, систематического учета движения запасов полезного ископаемого в недрах. Кроме того, на действующем горном предприятии геологической службой проводятся специальные геолого-минералогические и геофизические исследования для решения вопросов 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.

Геологическая служба участвует в решении следующих вопросов:

- планирование добычи полезного ископаемого;
- направление подготовительных и очистных выработок;
- предупреждение об изменениях горнотехнических условий эксплуатации (крепости, устойчивости горных пород, водоносности
- ~~определение~~ определение потерь и разубоживание полезного ископаемого при добыче с анализом причин этих явлений.

Планирование добычи полезного ископаемого начинается со своевременного представления всех необходимых материалов эксплуатационной разведки, оперативного учета недр и баланса добычи и прироста запа-

сов полезного ископаемого (рис. 30). Эти данные позволяют составлять план отработки соответствующей части месторождения. Наряду с представлением объективных данных по эксплуатационному участку необходимо также активное участие 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 с таким расчетом, чтобы заданные горные выработки наиболее соответствовали природным особенностям месторождения, чтобы границы выработок не вызывали слишком больших потерь или разубоживания полезного ископаемого, соблюдались технические правила прокладки путей, кабелей, труб (рис. 31). В процессе проведения подготовительной или очистной выработки может возникнуть необходимость в изменении её направления или границ в связи с непредвиденным изменением элементов залегания или контуров тела полезного ископаемого. Геологическая служба ведет 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 предсказать их. Предупреждения должны касаться главным образом следующих объектов:

1. изменения крепости горных пород в проходимых выработках;
2. изменения устойчивости горных пород на пути проходки выработки;
3. 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, напряженное состояние массива горных пород.

Определение и анализ причин потерь и разубоживания полезного ископаемого является важнейшим элементом деятельности геологической службы на горном предприятии. Потерями при эксплуатации считаются – не извлеченная 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.

Причина потерь зависит от принятой системы разработки месторождения. 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 полезного ископаемого на основании опробования, геологической документации и маркшейдерских измерений.

Точность определения потерь и разубоживания зависит от сложности геологического строения месторождения, изменчивости форм тел и качества полезного ископаемого, системы разработки. На месторождениях простой формы с равномерным распределением полезного компонента величина потерь и разубоживания обычно определяется довольно точно. При неправильной форме тела с неравномерным распределением полезного компонента, когда количество запасов полезного ископаемого в блоке подчитывается со значительной погрешностью, значения потерь могут быть весьма неточными. При разработке рудных месторождений важную роль имеет геологическая служба при определении качества минерального сырья.

Помощь в переработке минерального сырья 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.

Проводятся специальные лабораторные исследования для оптимизации процесса переработки полезного ископаемого. Минеральный состав руды изучается с учетом требований технологии обогащения минерального сырья. Для обогащения важно знать величины, 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, проводятся специальные исследования, уточняющие 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.

6.2. РУДНИЧНАЯ, ШАХТНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА

С начала эксплуатации месторождения 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. Геологическая служба на действующих горных предприятиях имеет специфические черты в зависимости от видов полезных ископаемых и даже от типов месторождений.

Различные проблемы и методы их решения при эксплуатации рудных, угольных месторождений определили существенные различия в организации и деятельности геологической службы. Наиболее сложные вопросы связаны с рудничной геологией, охватывающей месторождения чёрных, цветных, редких и драгоценных металлов, а также многие месторождения неметаллических полезных ископаемых, на которых применяются разнообразные системы разработки, как открытые, так и подземные.

На действующем горнодобывающем предприятии геологическая служба проводит работу в следующих направлениях:

- 1) эксплуатационная разведка в пределах разрабатываемых и подготавливаемых к отработке участков (блоков);
- 2) доразведка эксплуатируемых месторождений на слабо изученных участках с целью их 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 разведки месторождений полезных ископаемых, рациональных методов изучения и оценки месторождений.

Специальные и тематические исследования осуществляются рудничной геологической службой, обычно с привлечением лиц из специализированных организаций – научных институтов, 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 – выработаны практикой геологического обслуживания процесса добычи ископаемого и регламентируются соответствующими ведомственными положениями и инструкциями.

В обязанности геологической службы горного предприятия входят многие организационные и технические мероприятия, а именно:

- 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 не подтвердившихся 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 наделена правами, позволяющими принимать действенные меры для повышения качества и эффективности работы горного предприятия. Основные права представителей геологической службы сводятся к следующему:

- контроль полноты извлечения полезных ископаемых и их составляющих при добыче, обогащении и дальнейшей переработке;
- изменение направления очистных, подготовительных и разведочных выработок в связи с изменившимися геологическими условиями;
- остановка производства работ в горных выработках ввиду вероятной опасности (обвала, катастрофического прорыва вод, газов) и вследствие грубых нарушений технологии проходки или отработки участка;

- контроль работы химической и других лабораторий в части качества и своевременности выполнения испытаний проб, необходимых для разведки и отработки месторождений;

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 подготовительных горных выработках и в буровых скважинах ведутся с применением различных методик, инструментов и аппаратуры. На некоторых предприятиях большое значение приобрели геофизические исследования, например, при разведке и разработке радиоактивных руд.

Сравнение данных разведки с результатами отработки месторождения являются 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 способствуют расширению и уточнению знаний о структурах и вещественном составе месторождений (рис. 32, 33). Но опытная проверка разведочных построений и подсчетов на практике осуществима

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:

$$\pm \Delta Z = Z_{\text{э}} - Z_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{э}}$ – эталонное количество запасов полезного ископаемого, представленное запасами, готовыми к добыче; $Z_{\text{р}}$ – 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:

$$P = \frac{\pm \Delta Z}{Z_{\text{э}}} \cdot 100$$

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 опреде-

лением качества полезного ископаемого в очистных выработках и в добытом минеральном сырье.

Существует несколько модификаций метода прямых сравнений данных разведки с результатами эксплуатации в 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 погрешности по малым участкам этого целого.

Сравнения путем разрежения эксплуатационно-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.

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 эталонных качественных показателей, а размеры сравниваемых частей месторождений 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 от-

работанных 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 определения потерь и разубоживания полезного ископаемого. Однако метод разрежения эксплуатационно-разведочной сети, как правило, менее точен, так как принимаются условные контуры залежей и внутренние границы сортов руд могут быть существенно отличны от действительных. Он используется 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 (табл. 22). 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 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 разведкам. Вмещающие породы в одних случаях более устойчивы в очист-

ных выработках, чем это предполагалось, в других случаях там возникают непредвиденные обвалы, оползни и вспучивания. При сравнении данных разведки и эксплуатации на россыпных месторождениях золота, почти всегда данные эксплуатации выше данных разведки.

Сведения о погрешностях при подсчете запасов приведены в таблице 26. В ней представлены данные по запасам руды и по средним содержаниям полезных ископаемых компонентов для различных типов рудных и нерудных месторождений.

Таблица 22

Погрешности подсчета запасов

Полезные ископаемые и объекты исследования	Относительные погрешности, %	
	Запасов руд или металлов	Средних содержания полезных ископаемых компонентов
Калийные соли (Урал)	-	+27
Марганцевые руды (Никополь)	+2,1	-1,5
Медные руды (Джезказган)	+1,4	+2,5
Магнетитовые и мармитовые 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
Вольфрамовые, молибденовые руды (Казахстан)	От +11 до +16	От +18 до -60
Молибден-вольфрамовые, оловянные руды (Восточное Забайкалье)	От 0 до ± 20	От 0 ± 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 (Карамазар)	-	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
---------------------	---------------	-----------------

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 встречаются такие участки, на которых 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.

7. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

7.1. ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

Геолого-экономическая оценка - это определение народнохозяйственного значения и эффективности разработки месторождения. Она производится с учетом состояния минерально-сырьевой базы и потребностей народного хозяйства в данном виде минерального сырья, перспектив внедрения заменителей, развития технологии добычи и переработки сырья, перспектив развития отдельных районов и регионов, обеспечения экономической независимости страны и т.д. При этом проводится учет движения и списания запасов, комплексное изучение и использование полезных ископаемых.

Геолого-экономическая оценка включает комплекс технико-экономических показателей, главнейшими из которых являются: величина промышленных запасов руды и металла, возможная годовая мощность предприятия, себестоимость руды, концентрата и металла, рентабельность и уровень рентабельности освоения месторождения, удельные и общие капитальные вложения, срок окупаемости капитальных вложений и ценностей месторождения. В. В. Ершов [1] считает, что геолого-экономическая (или геолого-промышленная) оценка осуществляется в процессе изучения месторождения непрерывно, так как каждая новая выработка, каждый анализ вносят изменения и уточнения в качественную и количественную оценку объекта и горнотехнические условия его разработки.

Основой такой оценки являются технико-экономическое обоснование (ТЭО) временных кондиций и ТЭД (технико-экономический доклад), в которых рассматривается экономическая целесообразность дальнейшего освоения месторождения, исходя из его масштабов, горнотехнических условий разработки, возможных технологических схем переработки полезного ископаемого и экономико-географических условий района. Для ме-

сторождений, заслуживающих дальнейшего освоения, в ТЭДе обосновывается возможность совмещения детальных разведочных работ с проектированием и строительством горнодобывающего предприятия и рекомендуются участки для первоочередного освоения.

7.2. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

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

Разведанные запасы минерального сырья подлежат сравнительной экономической оценке, определяющей техническую возможность и целесообразность их добычи и переработки. Таким образом, оценка становится комплексной геолого-экономической. При её проведении руководствуются принципами, позволяющими обеспечить максимальное удовлетворение потребностей народного хозяйства в минеральном сырье с минимальными общественно необходимыми затратами на его производство, и соблюдением законодательных положений об охране недр и природных ресурсов.

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

Критерием экономической оценки является отличие основных стоимостных показателей от их среднеотраслевых значений. Эти показатели отражают затраты живого и овеществленного труда на производство единицы продукции из сырья оцениваемого месторождения. Лучшим на данный момент считают месторождение, позволяющее получать продукцию с минимальными затратами такого труда. К числу этих показателей относятся: ожидаемая себестоимость продукции, удельных капитальных затрат на единицу годовой мощности предприятия по добыче руды или выпуску конечной продукции, уровень рентабельности к основным производственным фондам и приведенные затраты. Последние служат основным показа-

телем при сравнительной экономической оценке (ранжировании) месторождения и определяются по формуле:

$$З_{\text{пр}} = \frac{P + k\Phi}{A},$$

А

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

Технологические критерии оценки определяют техническую возможность отработки разведанных запасов минерального сырья и его переработки наиболее эффективными способами. Технологическими показателями отработки месторождений являются параметры и пространственное положение полезного ископаемого, его качественная характеристика, горнотехнические, инженерно-геологические и криологические условия, способ и системы разработки, предельные глубина карьера и коэффициент вскрыши, величины потерь и разубоживания и т.п. Показателями технологической оценки переработки минерального сырья служат - степень извлечения основных и сопутствующих полезных компонентов, качествен-

ный состав концентратов (промпродуктов) и конечных продуктов, охрана окружающей среды и т.д.

7.3. ФАКТОРЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ

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

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

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

Экономико-географические факторы характеризуют административное и географическое положение месторождения, его границы и площадь, климатические и мерзлотные условия, особенности орогидрографии, сейсмичность района, транспортные связи, наличие населённых пунктов и сырья для производства строительных материалов, обеспеченность рабочей силой, состояние энергетической базы, источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.

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

Стоимостные показатели при предпроектной оценке определяют либо по методу аналогии, либо методом прямых расчетов по укрупненным показателям затрат, либо по совокупности этих методов. В первом случае среди эксплуатируемых или находящихся в стадии проектирования объектов выбираются аналогичные оценочному месторождению - по виду полезного ископаемого, размерам, морфологии и условиям залегания рудных тел, качеству руд. Стоимостные показатели выбранного проектаналага в целом по промышленному комплексу или по его части переносятся на оцениваемый объект с введением необходимых поправок на географо-экономические условия. Второй метод более точен, чем метод аналогии. Однако выполнение его в полном объеме сопряжено с большими затратами труда. Поэтому эффективно проведение оценки обоими способами: для одной части промышленного комплекса подбирается проектаналог, стоимостные показатели другой части определяются прямым расчетом.

Рассмотрим особенности горно-экономической оценки на различных стадиях разведки.

7.4. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НА ОТДЕЛЬНЫХ СТАДИЯХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Такая оценка возможна после предварительной разведки, но совершенно обязательна после детальной разведки. На этом этапе надежно установлены - морфология, особенности строения и условий залегания тел полезных ископаемых, а также изучены качество сырья, условия обогатимости, передела и др. Необходимость геолого-экономической оценки месторождений возникает уже на ранних стадиях их освоения. Она необходима и должна уточняться на последующих стадиях, в связи с получением новой, более достоверной информации.

Основной целью геолого-промышленной оценки на стадии поисковой разведки является определение целесообразности дальнейшего освоения изучаемого проявления полезных ископаемых, т.е. целесообразности постановки предварительной разведки. Поскольку информации, получаемой на этой стадии, обычно недостаточно для проведения конкретных технико-экономических расчетов, то основным способом геолого-экономической оценки является аналогия – сравнение установленных характеристик проявления полезных ископаемых с показателями хорошо изученного аналогичного по промышленно-генетическому типу месторождения.

В отдельных случаях на стадии поисковой разведки геолого-экономическая оценка может осуществляться путем технико-экономических расчетов. Целесообразность дальнейшего освоения месторождения подтверждается расчетом возможной производительности, сроков существования будущего горнодобывающего предприятия и ценности полезного ископаемого. Расчет выполняется исходя из возможного (так как запасы на этой стадии не подсчитываются) количества полезного ископаемого и полезных компонентов, содержащихся в месторождении, а также исходя из потребности промышленности в данном виде сырья. При

положительном результате на этой стадии работ переходят к предварительной разведке, когда основные параметры месторождения изучаются более подробно. Затраты на освоение месторождений соответственно возрастают.

Геолого-экономическая оценка по результатам предварительной разведки практически целиком базируется на технико-экономических расчетах. Основной такой оценкой является технико-экономическое обоснование (ТЭО) временных кондиций и технико-экономический доклад (ТЭД), в котором рассматривается экономическая целесообразность дальнейшего освоения месторождения, исходя из его масштабов, горнотехнических условий разработки, возможных технологических схем переработки полезного ископаемого и экономико-географических условий района. Для месторождений, заслуживающих дальнейшего освоения, в ТЭДе обосновывается возможность совмещения детальных разведочных работ с проектированием и строительством горнодобывающего предприятия и рекомендуются участки для первоочередного освоения.

Небольшие по запасам месторождения цветных и редких металлов с относительно высоким содержанием полезного ископаемого могут быть переданы промышленности после завершения предварительной разведки для создания на их базе разведочно-эксплуатационного предприятия (РЭП). Подсчёт запасов по этим месторождениям производится на основе временных кондиций.

В процессе предварительной разведки необходимо получить качественную характеристику основных типов руд месторождения, для которых следует разработать рациональные технологические схемы, предусматривающие максимально возможное извлечение основного полезного компонента, а также определить возможность извлечения других полезных компонентов.

По крупным месторождениям, в быстрейшем освоении которых заинтересована промышленность, запасы подсчитанные по временным значениям следует опробировать в ГКЗ.

Поисковая и предварительная стадии разведки выдают достаточную информацию для решения вопроса о целесообразности детальной разведки. Последняя требует значительных затрат и это является первой причиной по которой требуется геолого-экономическая оценка целесообразности проведения детальной разведки.

7.4.1. ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗВЕДКИ

Геолого-экономическая оценка месторождений по результатам детальной разведки производится на месторождениях, получивших положительную оценку на стадии предварительной разведки и предназначенных для промышленного освоения. Разведка производится по проекту, утвержденному в соответствии с действующей инструкцией по проектированию, планированию и финансированию геологоразведочных работ.

В процессе детальной разведки часть запасов переводится в промышленные категории в соотношении, обеспечивающем возможность передачи месторождения промышленности, при этом должны быть получены необходимые данные для утверждения запасов в ГКЗ и составлены задания на проектирование горнорудного предприятия. В связи с этим в ходе геолого-экономической оценки по результатам детальной разведки должны быть определены:

- 1) количество запасов полезного ископаемого (устанавливается при изучении формы, условий залегания и размеров тел полезных ископаемых путем построения системы геологических разрезов);
- 2) качество полезного ископаемого и количество полезных (основного и сопутствующих) компонентов (выявляются опробованием);

- 3) технологические свойства полезного ископаемого, т.е. возможность и рациональность извлечения всех полезных компонентов или переработки полезного ископаемого для дальнейшего использования в соответствующих отраслях промышленности (устанавливаются в ходе технологического опробования);
- 4) горнотехнические условия разведки месторождения выясняются по результатам гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, а также при изучении пространственно-морфологических особенностей тел полезного ископаемого. Особый интерес представляют данные о крепости вмещающих пород и руды, свойственной им вязкости, кусковатости, влажности, а также способности к слеживанию и налипаемости, засорению глинистым материалом, состоянию контактов висячего и лежащего боков рудных тел, способности пород к отслаиванию и обрушению, всех проявлений микротектоники в рудных телах и вмещающих породах.
- 5) экономико-географические условия района месторождения – климат, рельеф местности, энергетические ресурсы, транспортные условия, обеспеченность топливом и местными строительными материалами, трудовые ресурсы, экономический профиль района и т.д. (оцениваются на основании изучения соответствующих условий в период проведения разведки).

По результатам детальной разведки производится подсчет запасов с последующим утверждением их в ГКЗ. В случае получения, в результате детальной разведки, отрицательных данных анализируют причину не подтверждения количества и/или качества запасов низких категорий и прогноз оценки, служащих основанием для проведения детальной разведки на месторождении.

Детальную разведку новых месторождений производят с учетом предполагаемого способа добычи: а) для месторождений, отработываемых

открытым способом до глубины дна карьера; б) для месторождений, отрабатываемых подземных способом до глубины, определяемой расчетами в ТЭДе, ориентировочно до 300 – 400 м. Более глубокие горизонты месторождений разведываются одиночными буровыми скважинами или по разреженной сети, с применением геофизических методов и запасы по ним подсчитываются по низким категориям (C_1 , C_2).

Окончательная оценка месторождения проводится после завершения разведки, подсчета запасов и утверждения промышленных кондиций, так как главным критерием промышленной значимости месторождения, основой расчетов его ценности являются запасы полезного ископаемого и полезных компонентов. На основе подсчета запасов оцениваются - годовая производительность горнодобывающего предприятия, выпуск товарной продукции (руды, угля или концентрата), себестоимость, рентабельность разработки месторождения, с учетом мероприятий по сохранению окружающей среды. При этом оценочные показатели могут рассчитываться не только для всего месторождения, но и для отдельных его участков.

Необходимые дополнительные геологоразведочные работы, гидро-геологические, геофизические и технологические исследования, проводимые в период проектирования, строительства и разработки самого месторождения, относят к четвертой стадии – эксплуатационной разведки месторождения.

7.4.2. ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ

Эксплуатационная разведка имеет следующие отличительные особенности: пространственно и во времени тесно сопряжена с горно-эксплуатационными работами и практически продолжается до полной отработки шахтного поля; использует материалы геологической документации подготовительных и очистных выработок, а также результаты специальных наблюдений и исследований в шахтах и карьерах, вследствие чего существенно повышаются полнота, достоверность и эффективность геологического изучения шахтных полей на этой стадии геологоразведочного процесса.

Эксплуатационная разведка проводится с целью обеспечения эффективной отработки месторождения. В результате уточнения данных предшествующей разведки могут оказаться иными контуры тела полезного ископаемого, изменится среднее содержание 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 данных и строгого учета при отработке. Кроме того, проводятся минералогические и другие исследования полезного ископаемого, позволяющие правильно ре-

шать вопросы комплексного использования минерального сырья. Только при тщательном контроле добычи минерального сырья возможна эффективная помощь предприятия со стороны геологической службы.

Эксплуатационная разведка отличается от предшествующих стадий разведки наибольшей детальностью и должна давать наиболее достоверные результаты. Основным средством эксплуатационной разведки твердых полезных ископаемых служат горные выработки. При подземной разведке это почти все без исключения подготовительные очистные выработки, а на открытых работах – уступы карьера, обнажающие тела полезного ископаемого. Кроме того, для целей разведки, проходятся специальные выработки. К ним относятся - различного рода рассечки, восстающие выработки, 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.

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.

При подземной отработке месторождения для эксплуатационной разведки обязательными становятся выработки, связывающие между собой соседние разведочные сечения (горизонты), необходимые для подсчетов запасов полезного ископаемого по промышленным категориям. Эти выработки, оконтуривающие со всех сторон эксплуатационный блок начинают свое существование как разведочные; подвергаются соответствующим

щей документации, опробованию, а затем используются для необходимых гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений.

На угледобывающих предприятиях по данным эксплуатационной разведки проводится текущее производственное планирование добычи угля, решаются вопросы по заданию направлений подготовительных и очистных выработок, уточняются промышленные запасы угля, пригодные к отработке, разрабатываются мероприятия по безопасному ведению горных работ, предварительному осушению и дегазации угольных пластов.

Эксплуатационная разведка проводится шахтной геологической службой и специализированными горно-разведочными организациями, чаще всего за счет средств эксплуатации. На этой стадии изучения шахтных полей возрастает плотность разведочной сети, увеличивается густота опробования и детальность геологических наблюдений в горных выработках. Как правило, объектом изучения является не все шахтное поле, а действующий или подготавливаемый к эксплуатации горизонт или участок, непосредственно примыкающий к горным работам.

В период эксплуатационной разведки производится анализ всех материалов детальной разведки месторождения: данных горно-геологических наблюдений, получаемых в выработках, и требований, которые выдвигаются угледобывающим предприятием в процессе эксплуатации.

Все геологоразведочные, геофизические и гидрогеологические работы осуществляются по геологически и технически обоснованному проекту эксплуатационной разведки. В проекте отражается конкретное задание горнодобывающего предприятия, устанавливаются места заложения выработок, их назначение; глубина и конструкция скважин или тип горно-разведочной выработки, способ опробования и документации, а также намечается очередность выполнения геологоразведочных работ, устанавли-

ваются сроки полевых и камеральных работ по обработке результатов эксплуатационной разведки.

Проект эксплуатационной разведки шахтного поля сопровождается технико-экономическими расчетами, сметой расходов и графиком выполнения запроектированных работ. При бурении подземных скважин из горных выработок проект эксплуатационной разведки согласовывается со службой техники безопасности и горным надзором шахты, а затем утверждается главным инженером шахты и вышестоящими организациями по подчиненности.

7.5. УЧЕТ И ДВИЖЕНИЕ ЗАПАСОВ

С момента ввода шахты или карьера в эксплуатацию, утвержденные в ГКЗ по данным разведки промышленные запасы, претерпевают изменения. Происходят изменения состояния запасов, или, как говорят, наблюдается движение запасов. Так, вследствие добычи (выемки) угля из недр из-за неизбежных потерь угля при эксплуатации уменьшается количество балансовых запасов по месторождению. С другой стороны, благодаря проходке горно-эксплуатационных выработок и проведению эксплуатационной разведки, уточняются мощность угольных пластов и условия их залегания. Это приводит к тому, что изменяются границы распространения различных категорий запасов полезного ископаемого, запасы более низких категорий переходят в более высокие (более достоверные по степени разведанности и изученности) и меняется соотношение между балансовыми и забалансовыми запасами. В зависимости от характера и объема проведенных капитальных и подготовительных горных выработок на разрабатываемом месторождении угля изменяется состояние промышленных запасов. Из общего количества промышленных запасов на разрабатываемых месторождениях выделяют вскрытые и невскрытые запасы, а в числе вскрытых различают запасы, готовые к выемке и подготовленные к нарез-

ке, количество которых характеризует обеспеченность добывающего предприятия на ближайшие и более отдаленные сроки работы.

Из вышеизложенного следует, что без строгого учета состояния и движения запасов на шахтном поле невозможно планировать горные работы и осуществлять контроль за полнотой выемки из недр.

Поэтому на шахтную геологическую службу и на маркшейдерскую службу добывающих предприятий возложен систематический учет добычи угля, учет потерь угля при эксплуатации, а также проведение учета состояния и движения запасов на разрабатываемом месторождении. Для этого на шахтах и карьерах ежегодно, по состоянию на 1 января наступающего года, проводится оперативный пересчет запасов угля по всем пластам, которые в отчетном году разрабатывались или доразведывались. Оперативный пересчет запасов осуществляется на основе первичного учета добычи, потерь и учета состояния запасов, проводимого систематически на шахтах и карьерах.

Движением запасов называется изменение их количества в результате добычи, разведки или переоценки за определенный период. Промышленное движение запасов выражается зависимостью:

$$Q_k = Q_n - Q_d - Q_{\text{п}} \pm \Delta Q - Q_{\text{ц}},$$

где Q_k - количество запасов на конец отчетного период; Q_n - балансовые запасы на начало отчетного периода; Q_d - количество добытых за отчетный период запасов; $Q_{\text{п}}$ - эксплуатационные потери за тот же период; ΔQ - прирост или уменьшение ранее подсчитанных запасов по данным доразведки за тот же период; $Q_{\text{ц}}$ - запасы, переведенные в охранные целики или временно неактивные за тот же период. Исходное количество балансовых запасов месторождения Q_n принимается из отчета по разведке и подсчету запасов, утвержденного ГКЗ, или из отчета за прошедший период.

7.6. СПИСАНИЕ БАЛАНСОВЫХ ЗАПАСОВ

На действующих угледобывающих предприятиях полностью списываются следующие балансовые запасы: добытого и безвозвратно потерянного угля в недрах; не подтвердившиеся при доразведке и эксплуатации; не удовлетворяющие требования балансовых запасов. Если же запасы участков с особо сложными геологическими условиями или запасы утратившие свое промышленное значение, значительны и могут быть предметом эксплуатации в будущем, то их при списывании переводят из разряда балансовых в забалансовые. Списание и перевод таких запасов осуществляет ГКЗ.

Списание запасов за счет добычи и фактических потерь производит геолого-маркшейдерская служба на основе документации первичного учета. Списание запасов с баланса шахты за счет изменившихся технических границ шахтного поля производится также геолого-маркшейдерской службой, но на основе решения вышестоящих организаций. Учет списанных и переведенных в разряд забалансовых запасов производится в специальных журналах, где указываются причины списания балансовых запасов по каждому участку; при этом составляется акт, который подписывают главный инженер, геолог и маркшейдер предприятия. О намечаемых к списанию запасах геолого-маркшейдерская служба обязана уведомить Госгортехнадзор. Если не будет возражений со стороны Госгортехнадзора, то запасы списываются по акту.

7.7. ПОТЕРИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Потери - часть балансовых запасов твердых полезных ископаемых, не извлеченная при разработке месторождений, или утраченная в процессе добычи и переработки. Потери при добыче - относительная величина, характеризующая недоизвлечение балансовых запасов в процессе разработки месторождения. Причины потерь разнообразны: недостаточно полное и качественное проведение геологоразведочных работ (ведущих к неточному определению геологических характеристик), несоответствие запроектированных методов и параметров добычи полезного ископаемого условиям разработки месторождения, несвоевременная или неполная подготовка запасов к добыче и пр. Различают потери общешахтные и эксплуатационные. Количество потерь исчисляется в единицах массы или объёма и в процентах: общешахтные от общих балансовых запасов шахты, эксплуатационные – по отношению к погашенным балансовым запасам. Для оценки полноты извлечения запасов из недр применяются коэффициенты извлечения полезного ископаемого и полезного компонента. Коэффициент извлечения полезного ископаемого выражает отношение количества добытого полезного ископаемого, включая пустую породу, к количеству погашенных балансовых запасов. Величина эта изменяется от 0,4 до 1,2 и более. Коэффициент извлечения полезного компонента из недр выражает отношение количества полезного компонента извлеченного из недр к количеству полезного компонента, которое было заключено в подсчитанных балансовых запасах.

Снижение содержание полезных компонентов в добытой горной массе по сравнению с содержанием их в балансовых запасах вследствие примешивания некондиционных руд и пустых пород или из-за выщелачивания полезного компонента называют разубоживанием. Обычно при разработке месторождений подземным способом потери полезного ископае-

мого составляют 5-12 %, а при сложных условиях до 20% (иногда и более). При открытой разработке эти показатели более низкие. Размеры потерь должны находиться в допустимых и целесообразных пределах.

Различают потери проектные и фактические. Величина проектных потерь рассчитывается (нормируются) с учетом того, что горные работы будут вестись правильно в соответствии с проектом. Фактические потери, установленные на действующем предприятии, отражают существующий уровень потерь, который объясняется данными горно-геологическими условиями разработки шахтного поля и принятой системой горных работ. Технически и экономически обоснованные нормативные потери – непременное условие рациональной разработки шахтных полей. В целях недопущения излишних потерь при добыче добывающими предприятиями, разрабатываются и согласовываются с Госгортехнадзором нормативы потерь для типовых месторождений и систем разработки. Эти нормативы, рассчитываемые, исходя из мощности тел полезных ископаемых и параметров системы разработки, являются обязательными для проектных организаций (составляющих проекты разработки шахтных полей) и для шахт и карьеров, разрабатывающих месторождения.

Существует несколько методов нормирования размеров потерь:

1. статистический метод, когда нормативы потерь определяют на основе статистической обработки материалов, накопленных в процессе эксплуатации месторождения за 3-5 лет;
2. опытный метод, при котором нормативы потерь для данной системы разработки устанавливают на основе специальных производственных и лабораторных наблюдений;
3. расчетный метод, когда нормативы потерь определяют, исходя из теоретических соображений по связи между количеством погашенных запасов и добытых, с учетом применяемой горной техники;

4. комбинированный способ, при котором нормативы потерь устанавливаются на основе сочетания элементов статистического, опытного и расчетного методов.

Высокий уровень фактических потерь при эксплуатации ведет к общему истощению природных богатств страны, сокращает срок службы отдельных шахт и карьеров и наносит значительный экономический ущерб горному предприятию и всему народному хозяйству.

Для анализа фактических потерь их принято подразделять на три большие группы:

- 1) общешахтовые потери угля, которые сосредоточены: в оставляемых в недрах предохранительных целиках под сооружениями, зданиями на поверхности, под железными дорогами, реками и барьерными целиками, отделяющими старые горные работы от новых шахтных полей с новыми горными выработками;
- 2) потери угля из-за геологических и гидрогеологических условий, куда входят целики, где выемка невозможна из-за обводнения и тектонических нарушений;
- 3) эксплуатационные потери, которые делят на три вида: а) не зависящие от применяемой системы разработок; б) связанные с данной системой разработки; в) не предусмотренные проектом и возникшие от неправильного ведения горных работ.

Так при разработке угольных месторождений, на размеры эксплуатационных потерь оказывают влияние геологические и технические факторы: мощность пласта, строение пласта, угол падения пласта, гипсометрия кровли и почвы пласта, наличие складчатых и разрывных нарушений пласта, крепость вмещающих пород, устойчивость кровли, обводнённость, принятая система разработки, применяемые механизмы, высота уступа карьера и др. Детальное изучение перечисленных факторов позволит сни-

зять фактические потери полезного ископаемого. Пути снижения фактических потерь следующие:

- 1) запрет строительства объектов на неотработанных участках шахтного поля;
- 2) правильный расчет охранных целиков;
- 3) закладка выработанного пространства вместо оставления целиков;
- 4) повышение полноты и достоверности геологоразведочных работ и изучения горно-геологических условий разработки месторождения;
- 5) усовершенствование применяемых систем разработки месторождения;
- 6) проведение контроля фактических потерь работниками инспекции Госгортехнадзора.

7.8. КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Комплексное изучение и использование минерального сырья является крайне важной и актуальной проблемой. В первую очередь речь идет о комплексном освоении недр на основе эффективных горных технологий. Из современных комплексных технологий наибольшее применение в практике разработки имеют: комплексная открыто-подземная разработка месторождений, позволяющая при существенном снижении общей себестоимости добычи полезных ископаемых развивать такие её размеры, которые не доступны при обычной последовательной разработке месторождения открытым или подземным способами; комплексная подземная или открытая разработка с обычной горной техникой для основной части месторождения и доработка маломощных и забалансовых частей, оставленных целиков, руды, потерянной в закладке и в обрушенной горной массе породы, путем химического и химико-бактериологического выщелачивания; комплексная разработка угольных пластов с использованием обычной технологии подземной газификации на пластах малой мощности и низкого

качества; разработка геологотехнологическими методами (в частности выщелачиванием) в сочетании с обычной горной технологией на месторождениях или отвалах, отработки открытым способом, оставленных при подземной разработке целиков со значительными запасами полезных ископаемых (Кузнецкий бассейн); сочетание технологий, основанных на применении различных гидромеханизированных комплексов и др.

Для комплексного освоения месторождений большое значение имеет совершенствование постановки геологоразведочных работ. При поисково-оценочных работах обязательным становится выявление в залежи и вмещающих ее породах попутных полезных ископаемых и минеральных компонентов, которые могут представлять интерес и подлежат дальнейшему изучению на стадии предварительной и детальной разведки. На стадии разведки месторождения, а также в процессе эксплуатации устанавливаются минеральный состав, содержание и запасы попутных компонентов, а также проводятся исследования по технологии эффективной переработки комплексных полезных ископаемых. На разрабатываемых месторождениях также выполняются указанные геологоразведочные работы, проводятся исследования на отвалах, хвостохранилищах.

В связи с проблемой использования попутных компонентов особо важной становится задача научной разработки методик, инструкций, нормативов по разведке, изучению технологических свойств и подсчету запасов полезных компонентов во вмещающих породах, породах вскрыши, отходах химико-металлургических процессов.

Критерием эффективности комплексного использования месторождений является достижение оптимальных, для развития народного хозяйства страны и интересов будущих поколений, показателей полноты использования ресурсов недр и участвующих в процессе их освоения трудовых и материальных ресурсов. На оценку оптимизации освоения мине-

ральных ресурсов недр влияют показатели полноты извлечения из недр и полноты переработки полезных ископаемых, особенно высокоценных и дефицитных ископаемых. Это объясняется неудовлетворительным уровнем полноты извлечения ценных компонентов, в процессах добычи и переработки минеральных видов полезных ископаемых, а также возрастающей ролью в горной промышленности комплексных месторождений полезных ископаемых. Полные потери полезных ископаемых складываются из потерь в процессе добычи – 10 – 30 %, первичной переработке и обогащении – 20 – 40 %, химико-металлургического передела – 10 – 15 % . Особенно велики потери при первичной переработке многокомпонентных полезных ископаемых (руд). Поэтому проблема комплексного, т.е. полного использования минерального сырья, первой привлекла к себе внимание и оформилась как составная часть общей проблемы комплексного освоения месторождений твёрдых полезных ископаемых. В горном производстве она относится к завершающей стадии промышленного освоения месторождений – переработке добытого полезного ископаемого.

Комплексная переработка минерального сырья – разделение полезного ископаемого на конечные продукты, с извлечением всех содержащих в исходном сырье ценных компонентов, производство которых технически возможно и экономически целесообразно. Выделяют четыре уровня комплексной переработки твёрдого минерального сырья: выделение из сырья методами обогащения одного концентрата, содержащего один или несколько основных ценных компонентов; дополнительное выделение методами обогащения самостоятельных концентратов, не являющихся основными для данной подотрасли (например: молибденового из медно-молибденовых руд, медного и висмутового из вольфрам-молибденовых руд, баритового, флюоритового, полевошпатного из руд цветных металлов); выделение элементов-спутников, не образующих самостоятельных минералов (редких и рассеянных элементов), из концентратов обогащения

химико-металлургическими методами или комбинированной переработкой полезного ископаемого. Таким образом, например, получают селен и теллур из сульфидов; теллур, галлий из глинозёма; германий из угля; платиноиды из медно-никелевых руд; часть золота и серебра из пиритных концентратов и т.д. Использование отходов обогащения и металлургии используется для получения строительных материалов, удобрений и др. попутной продукции (например: щебня, песка, гравия из хвостов обогатительных фабрик; шлаковаты, фосфорных удобрений из доменных шлаков; серной кислоты из газов цветной металлургии).

При комплексной переработке необходим детальный анализ вещественного состава полезного ископаемого, продуктов обогащения и химико-металлургической переработки. На основе такого анализа рассчитывается баланс распределения полезных компонентов по продуктам переработки и разрабатывается технология их рационального извлечения.

Целесообразность выделения соответствующих компонентов определяется технико-экономическими условиями: наличием производственных мощностей, потребностью в данном виде продукции, возможностью транспортировки, наличием средств для строительства установки и технологических узлов, себестоимостью производства и т.д.

Комплексная переработка – важнейший принцип всех минерально-сырьевых отраслей промышленности. В цветной металлургии комплексная переработка позволяет получать продукцию, общая стоимость которой составляет около 30 % товарного выпуска отрасли, извлекать около 70 химических элементов в виде 700 различных видов продукции. Из них, на обогатительных фабриках выпускается 30 видов концентратов, являющихся попутной продукцией. При комплексной переработке газов разнообразного состава (от жирных нефтяных до тощих природных), достигается высокая степень извлечения ценных компонентов и чистота товарных про-

дуктов. Из неуглеводородных компонентов газов производят серу, гелий, одоранты и др.

Однако общеизвестные экономические и экологические преимущества комплексного использования сырья в каждом конкретном случае требуют подтверждения соответствующими расчетами. Организация извлечения новых компонентов, либо повышение полноты использования любого ценного компонента сырья, связаны с дополнительными издержками и экономически оправданы только при определенных условиях их окупаемости. Получение продукции из комплексного сырья в объемах сверх потребностей народного хозяйства с учетом возможного экспорта (имеющегося спроса) даже при незначительных дополнительных затратах экономически нецелесообразно. Также нецелесообразно получение при комплексной переработке сырья такой продукции, которая может быть выработана из аналогичного или принципиально другого вида сырья с лучшими технико-экономическими показателями.

Основная специфическая особенность комплексных производств заключается в том, что высокая экономическая эффективность комплексного использования сырья в целом еще не свидетельствует об эффективности извлечения каждого из извлекаемых ценных компонентов. Высокая эффективность получения нескольких или даже одного из компонентов может перекрыть убытки от извлечения остальных компонентов сырья. С другой стороны, отказ от извлечения отдельных ценных компонентов комплексного сырья в ряде случаев может перевести убыточное производство в высокодоходное. Поэтому необходима не только общая оценка комплексного использования сырья в целом, но и дифференцированная оценка экономической эффективности получения каждого из ценных компонентов сырья в отдельности, т.е. определение рационального круга ценных компонентов сырья, подлежащих извлечению.

7.9. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОХОДОВ ОТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Строительство горного предприятия, как и любого другого промышленного объекта, начинается с составления проекта. Но в горном производстве объект деятельности предприятия – месторождение - скрыт в недрах. Поэтому крайне важна информация о количестве и качестве полезного ископаемого и о различных факторах (в основном горно-геологических и географо-экономических), влияющих на эффективность освоения месторождения. Отсюда происходит понятие горной ренты.

Горная рента – это избыточная доля прибыли, которую можно получить при эксплуатации месторождения какого-либо вида минерального сырья по сравнению с другими месторождениями (чаще всего близкого генетического типа), имеющими худшие природные условия.

Достоверная информация об особенностях строения месторождения, количестве и качестве руд, природных условиях их эксплуатации, становится важным фактором в условиях рыночной экономики, так как данные сведения необходимы для привлечения инвесторов, обязательных участников рыночного способа хозяйствования. Очевидно, что для предпринимателей недопустимо финансирование геологоразведочных работ на объектах, оказывающихся впоследствии экономически нецелесообразными для освоения. Уверенность в промышленной ценности месторождения может быть достигнута только при соблюдении принципа последовательных приближений, в соответствии с которым производится последовательная локализация объема недр, подлежащего дальнейшему изучению и освоению. В соответствии с этим принципом, во всем мире процесс изучения недр принято разделять на ряд последовательных стадий. По результатам каждой из них принимается решение о целесообразности проведения следующей. Схема стадийности, принятая в РФ, практически совпадает со

схемой, рекомендуемой ООН в качестве международной (так называемая рамочная классификация ООН ресурсы / запасы) [1].

Вообще говоря, каждая стадия требует экономической оценки. При этом региональные геологические исследования крайне важны для прироста запасов, например для крупных нефтяных и газовых компаний. Классификация ООН и специальные положения министерства природных ресурсов РФ, регламентирующие стадийность ГРП, носят для частных компаний (предпринимателей) рекомендательный характер, но нарушение последовательности стадийности приводит к неэффективному расходованию средств (табл. 23).

Таблица 23

Стадии геологического изучения недр по схемам,
принятым в РФ и рекомендованным ООН

Наименование стадий		Объект изучения	Цель изучения
Россия	ООН		
Разведка	Detailed exploration детальные исследования	Месторождение или его часть	Подготовка для освоения
Оценка	General exploration общие исследования	Месторождение	Оценка целесообразности освоения
Поиски	Prospecting поиски	Перспективная зона, структура, район	Выявление месторождений

Продолжение таблицы № 23

Региональ- ное изучение недр	Reconnaissance рекогносцировка	Геологические области, рай- оны (в листах топо- карт)	Выявление пер- спективных зон, структур, рай- онов. Системное геологи-ческое изучение и со- ставление карт
------------------------------------	-----------------------------------	---	--

Экономическая оценка тем более необходима при поисково-оценочных работах, а на стадии разведки технико-экономические расчеты являются обязательным элементом проводимых исследований, на основе которых составляются технико-экономические обоснования разведочных (временных и постоянных) и эксплуатационных кондиций. Подобная стадийность технико-экономических расчетов практикуется в горном производстве большинства стран, но рекомендуемая ООН терминология не всегда идентична терминологии, применяемой в России. В ряде случаев объекты, предназначенные в РФ для освоения, требуют дополнительной экономической оценки (табл. 24). В частности, исходя из "рамочной классификации ООН запасы / ресурсы", международные стандарты применяют термин ресурсы не только для рудных зон и угольных бассейнов, но и для отдельных месторождений, разрабатываемых горными предприятиями. При оценке ресурсов, как получается, самих предприятий используются показатели эффективности проектов именно рыночной экономики. Основными показателями являются – ставка дисконта, чистый дисконтированный доход, индекс доходности, срок окупаемости вложений, внутренняя норма доходности, рентабельность предприятия по отношению к производственным фондам и к эксплуатационным затратам.

Таблица 24

Стадии (материалы) экономической оценки месторождений
по принятой в России и по рекомендуемой ООН схемам

Общие стадии геологического изучения недр	Стадии (материалы) экономической оценки	
	Россия	ООН
Эксплуатация	ТЭО эксплуатационных кондиций	Mining report (горный доклад)
Разведка	ТЭО разведочных кондиций	Feasibility study (достоверная оценка)
Оценка	ТЭО, ТЭР целесообразности освоения	Prefeasibility study (предварительная оценка)
Поиски	Аналоговая оценка по геологическим данным	Geological study (геологическая оценка)

Расчет этих показателей производится следующим образом. Если, по имеющейся геологической информации, месторождение представляется интересным, а геологическая экспертиза признает ее достоверной, необходимо проанализировать целесообразность инвестиций в дальнейшее изучение и освоение месторождения. Валовый доход от эксплуатации определяется сопоставлением выручки от реализации получаемой продукции на рынке и расходов, связанных с освоением месторождения и выпуском продукции. При этом, первоочередной интерес представляет среднегодовая величина выручки, которая определяется как:

$$B = M \times K_B \times Ц,$$

где M – годовая производительность предприятия по добываемому сырью; K_B – коэффициент выхода конечной продукции; Π – цена реализации единицы выпускаемой продукции. Если конечной товарной продукцией является вся масса добываемого сырья, коэффициент выхода равен 1 (например, для нефти и газа). Однако в большинстве случаев добываемая продукция подвергается какой либо первоначальной переработке и величина коэффициента меньше 1 (для каменных углей обычно = 0,7 - 0,9).

Если добываемое сырье рассортировывается на несколько сортов различной ценности, то величину выручки рассчитывают по формуле [1]:

$$B = M \times (K_1 \times \Pi_1 + K_2 \times \Pi_2 + \dots + K_n \times \Pi_n),$$

где $K_1 - K_n$ – коэффициенты выхода сортов; $\Pi_1 - \Pi_n$ – сортовые цены.

Определение годовой производительности предприятия осуществляется исходя из ориентировочных сроков амортизации основных фондов и размера месторождений. Для мелких месторождений (предприятий) оптимальное время существования предприятия (T_0) составляет 5 - 15 лет; для средних - 15 - 30 лет; для крупных - 25 - 60 лет. Зная T_0 определяют годовую производительность предприятия - M :

$$M = \frac{Q \times K_B}{T_0},$$

где Q - запасы полезного ископаемого в недрах. Затем производится оценка затрат на эксплуатацию месторождения, например, путем сравнения проекта с апробированным проектом аналогом предприятия, близкого по производительности и условиям работы. Исходя из рассчитанных величин выручки и затрат, анализируется денежный поток - соизмерение доходов и расходов при реализации финансового проекта.

При расчете денежного потока приведение разновременных затрат и доходов к начальному периоду оценки осуществляется с помощью коэффициента дисконтирования, определяемого по формуле:

$$q^t = \frac{1}{(1 + E)^t},$$

где E - ставка дисконта; t - номер расчетного года. Далее определяются:

Чистый дисконтированный доход (net present value) - определяется как сумма доходов за весь расчетный период:

$$\text{ЧДД(NVP)} = \sum_t^T \left[(B_t - Z_t) \times \left(\frac{1}{1 + E_t} \right) \right] - \sum_t^T \left(\frac{K_t}{1 + E_t} \right),$$

где E - ставка дисконтирования, которая при базовом варианте принимается равной 10 %, а при коммерческом не менее 15 %, так как должна обеспечивать инвестору приемлемую норму прибыли; K_t - капитальные вложения в t -ом году; B_t - выручка в t -ом году; Z_t - эксплуатационные затраты; T - период эксплуатации месторождения. Если ЧДД положителен, освоение месторождения эффективно.

Индекс доходности (profitable index) показывает, во сколько раз приведенные доходы превышают приведенные капитальные вложения, то есть предыдущая формула трансформируется из вычитания в деление. Далее определяют срок окупаемости капитальных вложений - временной интервал, в течении которого ЧДД становится равным дисконтированным капитальным вложениям.

Внутренняя норма доходности (internal rate of return) - процентная ставка дисконтирования, при которой современная стоимость будущих прибылей от капитальных вложений равна величине этих вложений. Если ВНД больше величины требуемой инвестором нормы прибыли, то капитальные вложения в проект считаются приемлемыми.

Рентабельность предприятия по отношению к производственным фондам определяется по формуле:

$$R_\phi = \frac{D_\Gamma}{\Phi} \times 100\%,$$

где D_Γ – годовой доход предприятия; Φ – производственные фонды.

Рентабельность предприятия по отношению к эксплуатационным затратам рассчитывается как:

$$R_3 = \frac{\mathcal{L}_r}{3_r} \times 100\% .$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов В.В. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1989. – 389 с.
2. Ершов В.В. Основы горно-промышленной геологии. – М.: Недра, 1988. – 328 с.
3. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1964. – 339 с.
4. Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна. – Кемерово. Кн. изд., 1978. – 233 с.
5. Пельдяков И.С. Геология и разведка месторождений ископаемых углей. – М.: Углеиздат, 1954. – 298 с.
6. Рудничная геология: Учебное пособие для вузов / В.Ф. Мягков и др. – М.: Недра, 1986. - 199 с.
7. Свирский М.А., Чумаченко Н.М. Рудничная геология. – М.: Недра, 1987. – 237 с.
8. Шпайхер Е.Д., Салихов В.А. Месторождения полезных ископаемых и их разведка. – Новокузнецк. Изд-во СибГИУ, 1998. – 147 с.
9. Экономика и управление геологоразведочным производством: Учебно-метод. пособие / Под. ред. В.П. Орлова, С.Ж. Даукеева. – Москва – Алматы, 1999. – 248 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Боярко Г.Ю. Экономика минерального сырья. – Томск: Изд-во "Аудит-Информ", 2000. – 365 с.
2. Экономика геологоразведочных работ / Е.Л. Гольдман, З.М. Назарова, А.А. Маутина и др. – М.: Изд. дом "Руда и металл", 2000. – 400 с.

3. Временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС, 1998. - 26 с.

4. Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций на минеральное сырье. М.: ГКЗ, 1997. - 38 с.

5. Временные методические рекомендации по геолого-экономической оценке промышленного значения месторождений твердых полезных ископаемых (кроме угля и горючих сланцев). М.: ВИЭМС, 1998. - 27 с.

6. Геология СССР. Западная Сибирь. Том IV, книга Полезные ископаемые. – М.: Наука, 1982. – 188 с.

7. Методические рекомендации по составу и учету затрат, включаемых в себестоимость геологоразведочных работ, и формированию финансовых результатов. М.: ВИЭМС. – 2000. – 63 с.

8. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию постоянных кондиций для подсчета запасов месторождений углей и горючих сланцев. М.: ГКЗ, 2000. – 42 с.

9. Милютин А.Г. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие для вузов. – М. Недра, 1989. – 296 с.

10. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. – М.: Недра, 1991. – 363 с.

11. Мостовской А.И., Шпайхер Е.Д. Золото Мартайги и его проблемы. В кн. Золото Кузбасса. – Кемерово, 2000. - С. 500 – 516.

12. Тихомиров Е.М. Геолого-промышленная оценка недр. – М.: изд-во МГИ, 1983. - 77 с.

Шпайхер Ефим Давыдович
Салихов Валерий Альбертович

Геологоразведочные работы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых

Редактор Суганяк Н.И.

Редактор иллюстраций Андрющенко М.А.

Изд. Лиц. № 020353 от 27.12.96 г. Подписано в печать
Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная
Усл. печ. л. 19.18. Уч. изд. л. 19, 77. Тираж 500 экз. Заказ

Сибирский государственный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Изд. Центр СибГИУ