

В. А. Салихов
В. А. Марченко

РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебное пособие



В. А. Салихов, В. А. Марченко

РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебное пособие



Москва
Берлин
2017

В. А. Салихов
В. А. Марченко

РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебное пособие



УДК 550.8 + 622
ББК 26.3 + 33.3
С16

Рецензенты:

Я. М. Гутак — доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности
Сибирского государственного индустриального университета;

Т. В. Петрова — доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента и отраслевой экономики Сибирского государственного индустриального университета

Салихов, В. А.

С16 Разведка и разработка полезных ископаемых : учебное пособие / В. А. Салихов, В. А. Марченко. — М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. — 158 с.

ISBN 978-5-4475-9386-5

Рассмотрены следующие темы: характеристика месторождений полезных ископаемых, стадийность, виды и методы геологоразведочных работ; основные сведения о подземной разработке месторождений полезных ископаемых; основные сведения о технологии подземной добычи угля; основные сведения об открытой разработке месторождений полезных ископаемых; качество и технологии получения минерального сырья; характеристика углей и их обогащение; экономическая оценка проектов по разработке месторождений; экология и рациональное использование недр.

Учебное пособие предназначено для студентов по направлению подготовки бакалавров 05.03.06а Экология и природопользование, профилю подготовки «Геоэкология».

Текст печатается в авторской редакции.

УДК 550.8 + 622
ББК 26.3 + 33.3

ISBN 978-5-4475-9386-5

© Салихов В. А., Марченко В. А., текст, 2017

© Издательство «Директ-Медиа», оформление, 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Разведка и разработка полезных ископаемых» является дисциплиной по выбору (БЗ.В.ДВ.6.1). Цель дисциплины «Разведка и разработка полезных ископаемых» — приобретение студентами знаний основ технологий базовых отраслей народного хозяйства страны — геологоразведочной и горнодобывающей. Задачей дисциплины является изучение современного состояния геологоразведки и горной промышленности, перспектив их развития.

Учебное пособие «Разведка и разработка полезных ископаемых» содержит сведения о тенденциях и направлениях использования минеральных ресурсов в мире и России, об основных промышленных типах месторождений полезных ископаемых. Подробно освещены стадийность геологоразведочных работ, применяемые методы и виды геологоразведочных работ. Кроме того, даны основные сведения об открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых, о методах обогащения минерального сырья. Приведены способы добычи и методы обогащения углей, методы экономической оценки проектов по разработке месторождений, а также методы оценки рациональности недропользования. Таким образом, в одном учебном пособии даны основные сведения по поискам, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.

Учебное пособие «Разведка и разработка полезных ископаемых» предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 05.03.06а — Экология и природопользование, профилю подготовки — «Геоэкология».

Изучение дисциплины «Разведка и разработка полезных ископаемых» формирует компетенции: ПК-5 — способность организовывать производство работ по рекультивации нарушенных земель; ПК-10 — способность проводить рекультивацию техногенных ландшафтов, знать принципы оптимизации среды обитания.

Учебное пособие «Разведка и разработка полезных ископаемых» состоит из 4-х разделов, 10 глав, содержит темы рефератов, контрольные вопросы по всем темам семинарских занятий и вопросы к зачету, а также библиографический список и приложения.

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Разведка и разработка полезных ископаемых» тесно связана с другими горно-геологическими дисциплинами, такими, как: «Геология», «Инженерная геология», «Гидрогеология», «Геофизика» и т. д., изучение которых необходимо будущим бакалаврам геозекологам. В рамках изучения данной дисциплины рассматривается широкий спектр горно-геологических, экономических и социально-экологических вопросов.

Большое внимание уделяется изучению терминологии, основных сведений о минералах, горных породах и месторождениях полезных ископаемых, стадийности и методах проведения геологоразведочных работ, основных способов вскрытия, подготовки и технологии добычных работ при открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых, способов обогащения и переработки углей и других видов минерального сырья.

На основе полученных теоретических данных изучаются методы подсчета запасов полезных ископаемых, методы оценки экономической и социально-экологической эффективности проектов по разработке месторождений полезных ископаемых.

В целом, в рамках дисциплины «Разработка полезных ископаемых» изучаются вопросы дисциплин, изучаемых на геологических и горных специальностях вузов: «Месторождения полезных ископаемых», «Поиск и разведка месторождений полезных ископаемых», «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых», «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых».

Таким образом, будущие бакалавры геозекологи знакомятся с широким спектром вопросов и проблем, решаемых в геологоразведке и горнодобывающей промышленности. Это важно для выбора студентами сферы их дальнейшей деятельности. Но в первую очередь, теоретические материалы и методики, содержащиеся в учебном пособии «Разведка и разработка полезных ископаемых», могут быть полезны студентам при написании ими выпускной квалификационной работы.

Раздел I. РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Глава 1. Основные тенденции развития и направления использования минеральных ресурсов в мире и России

Полезные ископаемые имеют важнейшее значение в промышленности и хозяйстве. Наибольшее значение имеют уголь, нефть, газ, руды черных и цветных металлов, алмазы, золото. В огромных масштабах добываются полезные ископаемые, используемые химической промышленностью, сельским хозяйством и строительством. В последние десятилетия все более широкое применение находят редкие и рассеянные элементы, играющие большую роль в техническом прогрессе общества, развитии атомной, реактивной и ракетной техники, радиоэлектронике, производстве полупроводников и сверхтвердых сплавов.

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%. При этом удельный вес РФ в общемировом объеме продукции горнопромышленного комплекса составляет на сегодняшний день более 15% [6, 11, 12].

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) [6].

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 [6, 11, 12].

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	37	2,31	53	3,31
Развивающиеся	52	36	0,69	22	0,42
Остальные	32	27	0,84	25	0,78
в том числе Россия	3	14	4,75	10	3,37

Несмотря на продолжающееся во все больших количествах извлечение из недр полезных ископаемых, их разведанные за-

пасы продолжают нарастать, благодаря опережающим геолого-разведочным 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 (ТЭК), определяющего в настоящее время экономику большинства стран. Тенденции роста запасов сохранятся вплоть до 2030 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 производственными 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 [6, 11, 12].

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 МСБ 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 МСБ 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 запасов полезных ископаемых России многократно превышает суммарную ценность всех остальных природных ресурсов и основных фондов страны и составляет 28,6 трлн долл. (табл. 2) [6].

Таблица 2

Распределение валовой потенциальной ценности разведанных запасов (категории А + В + С₁) и предварительно оцененных (категория С₂) основных видов полезных ископаемых России

Основные виды и группы минерального сырья	Валовая потенциальная ценность, млрд долл./%
Нефть и конденсат	4481/15,7
Газ	9190/32,2
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.

Как было сказано выше, минеральные ресурсы, являясь базисом развития экономики, во многом определяют экономический потенциал любой страны. Поэтому в современных экономических условиях важнейшей задачей Российского государства является минерально-сырьевая безопасность, т. е. опережающее воспроизводство МСБ, прежде всего стратегических видов полезных ископаемых. Для этого необходимо формирование и реализация долгосрочной государственной стратегии изучения недр, что позволяет уменьшить зависимость от зарубежных поставок различной минеральной продукции.

Глава 2. Характеристика месторождений полезных ископаемых

Полезное ископаемое — природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки.

Преобладают полезные ископаемые, находящиеся в твердом состоянии; к жидким относятся нефть, рассолы, вода; к газообразным относятся природные горючие газы.

Руда — минеральный агрегат, из которого технологически возможно и экономически целесообразно извлекать металлы, соединения металлов или минералы, являющиеся объектом использования в народном хозяйстве.

Процессы образования месторождений полезных ископаемых, как и все геологические процессы, могут быть разделены на эндогенные (внутри рожденные), протекающие за счет внутренней тепловой энергии земного шара, и экзогенные (извне рожденные), связанные с внешней солнечной энергией, получаемой поверхностью земного шара. В отдельную группу выделяют метаморфогенные месторождения полезных ископаемых, которые образуются в результате преобразования при определенных физико-химических условиях эндогенных и экзогенных месторождений. Таким образом, обобщенная схематическая классификация месторождений полезных ископаемых выглядит следующим образом [1, 2, 5, 12].

А. Эндогенные месторождения.

1. Магматические.
2. Пегматитовые.
3. Постмагматические:
 - а) контактово-метасоматические (скарновые);
 - б) гидротермальные.

Б. Экзогенные месторождения.

1. Месторождения выветривания.
2. Осадочные:
 - а) механические осадочные месторождения;
 - б) химические осадочные месторождения;
 - в) биохимические осадочные месторождения.

В. Метаморфогенные.

1. Метаморфизованные.

2. Метаморфические.

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 вида полезных ископаемых [1, 4, 11].

1) Металлические полезные ископаемые:

- черные металлы: железо, марганец, хром;
- легирующие металлы: титан, никель, кобальт, ванадий, вольфрам, молибден;
- цветные металлы: медь, свинец, цинк, алюминий, олово, ртуть, сурьма;
- благородные металлы: золото, серебро, платина, платиноиды;
- радиоактивные металлы: уран, радий, торий;
- редкие и рассеянные металлы: бериллий, литий, цезий, рубидий;
- редкоземельные элементы: группа цериевая и иттриевая.

2) Неметаллические полезные ископаемые:

- сырье для химической промышленности, сельского хозяйства;
- каменные строительные материалы и их сырье;
- абразивные материалы и их сырье;
- изоляционные материалы;
- керамические, огнеупорные, кислотоупорные материалы и их сырье;
- драгоценные и поделочные камни;
- природные краски, наполнители и адсорбенты.

3) Горючие полезные ископаемые:

- твердые горючие полезные ископаемые: горючие сланцы, торф, бурый уголь, каменный уголь;

— жидкие горючие полезные ископаемые: нефть, газовый конденсат;

— газообразные горючие полезные ископаемые: природные газы.

Месторождение — скопление полезных ископаемых в земной коре, разработка которого экономически целесообразна. К промышленным месторождениям полезных ископаемых относятся те, которые заслуживают разработки при существующих технико-экономических условиях, то есть отвечают условиям на данный вид минерального сырья.

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 [2, 11, 12].

Кондиции учитывают:

1. Масштаб месторождения, определяемый его суммарными запасами. По масштабам месторождения подразделяются на уникальные, крупные, средние и мелкие. 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: магнетитовое месторождение Кируна (Швеция) и Кузнецкий угольный бассейн (Россия). Средние по запасам месторождения составляют основу минерально-сырьевой базы металлургической промышленности. Мелкие месторождения представлены в основном дефицитным и стратегическим сырьем (золото, ртуть, горный хрусталь).

2. Качество полезного ископаемого (вещественный состав и технологические свойства руд). Для металлических полезных ископаемых кондиции учитывают содержание основного компонента, других полезных компонентов (например, TiO_2 в ти-

таномангнетитовых 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 (на примере углей) качество определяется марочным составом, отражающим его технологические свойства и возможности использования в металлургии, химии, энергетике.

3. Продуктивность основных рудных залежей, характеризующую степень сосредоточения в них запасов полезного ископаемого.

4. Горно-технические условия эксплуатации. К ним относятся: вскрыша — обеспечение доступа к месторождению с поверхности, тектонические, гидрогеологические и некоторые другие особенности месторождения.

5. Географо-экономическое положение района месторождения.

Кроме того, при оценке месторождений учитывается дефицитность полезных ископаемых и их значение в народном хозяйстве. В последнее время все большее внимание уделяется проблемам комплексного и рационального использования месторождений полезных ископаемых. Комплексная переработка полезных ископаемых позволяет увеличить экономический эффект от эксплуатации месторождения, повысить качество минерального сырья (путем 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.

В целом, по сложности геологического строения выделяется 4 группы месторождений.

I группа месторождений характеризуется простым геологическим строением. Запасы полезных ископаемых 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 C_1 .

III группа месторождений определяется очень сложным геологическим строением с резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения тел полезного ископаемого и весьма неравномерным распределением 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.

Для каждой группы месторождений и для каждого вида минерального сырья выбирается свой комплекс геологоразведочных работ (ГРР).

Специфические характеристики имеют угольные месторождения, в первую очередь это показатели, характеризующие угольный пласт.

Угольный пласт — это скопление угольного вещества, распространенное на значительной площади и заключенное между приблизительно параллельными поверхностями пород, называемых почвой и кровлей.

Если угольный пласт представлен сплошной массой угля, то такой пласт называется простым. Угольный пласт, состоящий из нескольких слоев угля, разделенных прослоями пустой породы, называется сложным, а отдельные его части, заключенные между двумя породными прослойками, называются пачками. Возникновение породных прослоев, условия накопления растительной массы, примешивание к ним минеральных примесей и последующее уплотнение этих масс придает угольным пластам отчетливо выраженную слоистость, что является их характерной особенностью. Слоисты — большинство пород гумусовых и часть пород сапропелитовых углей.

Угольные пласты по мощности разделяются на тонкие (0,5–1,3 м), средней мощности (1,3–3,5 м), мощные (более 3,5 м). В России, Казахстане, Китае, Болгарии известны месторождения с так называемыми сверхмощными пластами (до 100 и даже 200 м), пригодными для открытой разработки.

В зависимости от угла падения различают пологие (до 18 градусов), наклонные (19–35 градусов), крутонаклонные (36–55 градусов) и крутые (56–90 градусов) угольные пласты.

Положение пласта (в том числе и угольного пласта) в пространстве определяется с помощью элементов залегания пласта — линией простирания, линией падения и углом падения.

Простирание пласта (линия простирания) — это линия пересечения пласта с горизонтальной плоскостью.

Падение пласта (линия падения) — это направление максимального наклона пласта к горизонту.

Угол падения — это угол, образованный при пересечении линии падения на горизонтальную плоскость.

Глава 3. Стадийность, виды и методы проведения геологоразведочных работ

Разведка месторождений полезных ископаемых представляет 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. В результате разведки определяются: форма, размеры и запасы месторождения; тектонические, гидрогеологические и другие горно-геологические условия; качество и технология переработки полезного ископаемого. Данные разведки являются исходными для составления проекта строительства и эксплуатационных работ горнодобывающего предприятия. Разведка месторождений полезных ископаемых основывается на следующих принципах [12]:

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

3.1. Стадийность проведения геологоразведочных работ

3.1.1. Поисковая разведка

Геологоразведочные работы (ГРР) подразделяются на восемь стадий, проводимых последовательно во времени. Непосредственно разведочным стадиям предшествуют геолого-съёмочные работы мелкомасштабные (м-б 1:200000) и среднемасштабные (м-б 1:50000–1:25000), а также поисково-оценочные среднемас-

пгтабные работы, являющиеся переходным звеном от поисков к разведке месторождений полезных ископаемых [1, 4, 12].

Поисковая разведка проводится на площадях, имеющих признаки угленосности 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. 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, а также структурные особенности района, позволяющие использовать геофизические методы разведки. Иногда ставятся локальные, специфические задачи — например, выявить участки для открытой добычи угля или участки углей определенных технологических марок и т. д.

3.1.2. Предварительная разведка

Цель предварительной разведки — оценка промышленного значения месторождения и получение материалов для составления технико-экономического доклада (ТЭД), временных кондиций и проекта детальной разведки.

Предварительная разведка изучает специфические особенности геологического строения, качество или условия эксплуатации. Так, для месторождений палеозойских углей, залегающих под триасовыми и юрскими отложениями, большое значение имеют глубина залегания, физико-механические свойства и обводненность покровных мезозойских пород. 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.

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

Разведочная сеть определяется взаиморасположением выработок при проведении геологоразведочных работ. Она включает в себя два параметра: расстояние между разведочными линиями и расстояние между выработками в линии (шаг выработок). На выбор разведочной сети влияет большое количество геологических факторов, из которых наиболее важными являются размеры и элементы залегания тел полезных ископаемых, вид минерального сырья, сложность геологического строения месторождения, характер и изменчивость распределения полезного компонента.

Методика предварительной разведки определяется в основном следующими факторами: характером и степенью сложности тектоники; выдержанностью пластов угля и стратиграфического разреза угленосной толщи; 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.

Разведочная сеть в стадии предварительной разведки состоит из двух-четырех опорных линий, основных линий, промежуточных коротких линий, отдельных скважин и горных выработок. Сеть должна с максимальной полнотой использовать выработки предыдущих поисков. В большинстве случаев целесообразна детализация линий и сгущение сети путем заложения промежуточных параллельных линий.

В большинстве объектов предварительной разведки рекомендуется следующая очередность развития сети: опорные линии; линии основной сети; 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 закономерностей их проявления.

Они располагаются так, чтобы более или менее равномерно осветить площадь и в тоже 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 (на сложной и весьма сложной тектонике) до 3 км (на простой и усложненной). Расстояния между скважинами в опорном профиле зависят 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. Рекомендуемые расстояния между линиями основной сети даны в табл. 3 [12].

Для выявления закономерностей распространения тектонических форм кроме опорных линий можно пройти короткие ступенчатые профили или группы скважин на отдельных фрагментах площади.

Содержание технико-экономических обоснований (ТЭО) или ТЭД. Составление этих материалов является завершением предварительной разведки. В них ориентировочно устанавливаются: способ вскрытия и система разработки, технические границы и возможная производительная мощность шахты, возможные потребители угля и основные требования к его качеству, примерные капитальные затраты на строительство шахты и ориентировочная себестоимость добычи тонны полезного ископаемого.

Таблица 3

Рекомендуемая разведочная сеть при предварительной разведке

Тектоника	Выдержанность пластов	Расстояние между разведочными линиями, м
Простая	выдержанные	1200
	относительно выдержанные	800
Усложненная	выдержанные	1000
	относительно выдержанные	600
Сложная	выдержанные	800
	относительно выдержанные	400
Весьма сложная	выдержанные	400
	относительно выдержанные	400

Примечание к табл. 3. Расстояние между разведочными линиями могут колебаться в пределах 25%, в зависимости от геологических особенностей участка.

3.1.3. 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.

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 взаимоотношений упомянутых толщ, определяются опорные горизонты, на основе которых осуществляется увязка и оценивается степень их выдержанности. Определяется технологическая марка (группа) 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, газоносность изучаются в соответствии с требованиями промышленности. Изученность месторождений, особенно его участков

первоочередного освоения, должна гарантировать подсчет запасов по категориям А, В, С₁ в требуемых соотношениях (табл. 4). 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 материалам ТЭДа [12].

На методику детальной разведки 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 шахт достигает 500 м.

Таблица 4

**Рекомендуемая разведочная сеть и предельная достоверность
детальной разведки**

Типы месторождений		Расстояние между разведочными линиями, м	Соотношение категорий запасов, в %	
Тектоника	Выдержанность пластов		А + В	А
			А+В+С ₁	А+В+С ₁
Простая	выдержанные	600	не менее 50	не менее 30
	относительно выдержанные	400	не менее 50	не менее 20
Усложненная	выдержанные	500	не менее 40	не менее 20
	относительно выдержанные	300	не менее 30	-
Сложная	выдержанные	400	не менее 30	-
	относительно выдержанные	200	не менее 20	-
Весьма сложная	выдержанные и относительно выдержанные	200	не устан.	не устан.

Примечание к табл. 4. Расстояния между линиями могут колебаться в пределах 25% в зависимости от геологических особенностей участка и требований промышленности.

Выработки детальной разведки разделяются на три группы. **Первую** составляют скважины опорных профилей, получаемых обычно путем детализации линии предварительной разведки. **Ко второй группе** относятся скважины основной сети линий разведочной сетки. 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 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. (Андреевская брахисинклиналь, Ерунаковская, Талдинская синклинали). Расстояния между линиями основной сети определяются в соответствии с типом месторождения, и опытом разведки и эксплуатации. Расстояния между скважинами в линиях определяются с таким расчетом, чтобы получить не менее двух подсечений пласта и перекрытый разрез до разведуемого 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.

3.1.4. 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 схемы 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.

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

Под термином **плотность разведочной сети** подразумевается либо среднее расстояние между разведочными пересечениями, либо среднюю площадь в квадратных метрах, приходящуюся на одну секущую выработку (скважину).

При выборе плотности разведочной сети широко используется метод аналогии, то есть 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 A_1 , B_1 , C_1 и C_2 .

На стадии доразведки и эксплуатационной доразведки плотность сети принимается по аналогии с отработанными участками или рудными телами данного конкретного месторождения. Ниже в табличной форме приводятся примеры густоты разведочной сети для различных полезных ископаемых, различных морфогенетических типов (табл. 5) [12].

Таблица 5

Плотность разведочной сети при разведке месторождений Кузнецкого угольного бассейна

Типы месторождений		Расстояние между разведочными линиями, м			Примеры
Тектоника	Выдержанность пластов	кат. А	кат. В	кат. С	
Простая	выдержанные (группа 1)	400–700	600–900	800–1500	Шахта Нагорная
	относительно выдержанные (группа 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

Детальная разведка глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений. Целесообразность детальной разведки действующих шахт обосновывается специальным ТЭДом. Разведочными работами уточняются — геологическое строение, угленосность и качество угля с учетом данных горных работ на вышележащих горизонтах.

Особое внимание уделяется горно-геологическим условиям эксплуатации: физико-механическим свойствам и устойчивости пород в горных выработках, газоносности, геотермическим, гидрогеологическим и другим условиям.

Уточнение выходов угольных пластов под наносы. На эксплуатационной стадии детализация выходов проводится в основном для заложения шурфов, уклонов и других горных выработок, проводимых с поверхности. В случае, когда выходы пластов перекрыты мощной толщей юрских отложений (Осинковский 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. Эксплуатационная разведка уточняет: обводненность покровных четвертичных и юрских отложений над выходом пласта; участки скопления глины и способы предупреждения их катастрофических прорывов в горные выработки; границы затопленных выработок и скопившиеся в них запасы воды; обводненные зоны тектонических разрывов, замочных частей складок и плавнунов; обводненные системы трещин; условия отработки угольных пластов вблизи целиков под поймами и руслами рек, границы охранного целика.

Уточнение газоносности угольных пластов. Прогноз газоносности, определяемый в стадию детальной разведки, обычно опирается на низкий процент достоверных анализов. Это может приводить к ошибкам в прогнозах газообильности. Поэтому в эксплуатационную стадию газоносность пластов корректируется на основе газовых съемок в подготовительных и разведочных горных выработках.

Изучение 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. Бурение с поверхности или подземное бурение 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 30–50 м.

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

Изучение морфологии угольных пластов. Мощность и строение пластов уточняются скважинами, подготовительными и разведочными горными выработками. В 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 разведочными выработками. Целесообразность разработки пластов с высокой концентрацией колчеданов можно определить, главным образом, лишь в процессе эксплуатации (Байдаевский и Осинковский районы). Для уточнения морфологических особенностей сближенных пластов эффективны подземные скважины.

3.2. Аналитические исследования

Опробование производится с различными целями и во все стадии поисково-разведочных работ и эксплуатационных работ. В зависимости от поставленных задач различают минералогическое, химическое, техническое и технологическое опробование.

Минералогическое опробование проводится с целью изучения минералогического состава и структурных особенностей минерального сырья. Определяются физические свойства минералов, взаимоотношение зерен минералов, последовательность их выделения, количественное соотношение минералов. 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 не является основным видом исследования полезного ископаемого, а вспомогательным — при химическом, технологическом и техническом опробовании.

Химическое опробование проводится с целью определения химического состава исследуемого материала и содержания в них полезных и вредных компонентов. Например, для металлических полезных ископаемых (железо): содержание основного компонента (Fe); содержание сопутствующих полезных компонентов (Ti); содержание вредных примесей (P, S, As, Zn); содержание полезных примесей (Cr, Mn, Co, Ni). Для горючих полезных ископаемых (уголь): содержание (C, H) — полезные компоненты; (O) — балластная примесь; (S, P) — вредные примеси. Для неметаллических полезных ископаемых содержание полезного компонента в магнезите — MgO .

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 сотые доли процента, но высокой стоимостью и длительностью проведения анализа.

Во многих случаях химическое опробование наряду с химическим сопровождается спектральным анализом. Этот вид анализа является полуколичественным (для большинства распространенных химических элементов), а для некоторых редких и рассеянных металлов (Ga, Nb, Ga) данные спектрального анализа используются при подсчете запасов. Спектральный анализ позволяет сразу определять большое количество элементов (до 32-х). К достоинствам также следует отнести сравнительно невысокую стоимость анализа, быстроту его выполнения, а к недостаткам — меньшую по сравнению с химическим анализом точность.

Техническое опробование проводится в тех случаях, когда качественная характеристика не может быть достаточно выявлена химическим опробованием. Это относится в первую очередь к неметаллическим полезным ископаемым. Например, при оценке качества асбеста кроме определения содержания минерала в породе производится изучение его технических (физико-механических) свойств (прочность, гибкость и т. п.) с установлением выхода по сортам. Важным свойством является длина волокна, его способность к распушению. Изучение слюд должно сопровождаться техническим анализом пластин с целью установления, в каких количественных соотношениях представлены отдельные сорта слюды. Драгоценные и цветные камни (алмаз, топаз, рубин) изучаются с точки зрения размера отдельных кристаллов, а также технических и ювелирных качеств.

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.

Технологическое опробование проводится с целью выяснения технологических свойств минерального сырья: степени обогатимости, сортировки, плавкости, химического восстановления и т. п. Технологическое опробование полезного ископаемого проводится на всех стадиях геологоразведочных работ.

Оно обязательно при детальной разведке (перед разработкой месторождения), когда требуется выяснить технологические свойства минерального сырья.

Различают полевые, лабораторные, полупромышленные и промышленные технологические испытания. Устанавливается наиболее рациональная схема и технологический режим переработки полезного ископаемого, поэтому проба должна быть представительной по крупности (кусковатости) добываемого полезного ископаемого, относительному распределению различных по размеру фракций. Важным является разработка технологии комплексного использования сырья. Есть примеры положительного решения этого вопроса (Норильский ГОК, Комбинат «Апатит»).

Отбор проб для технологического опробования производится различными методами, но чаще всего валовым методом, так как требуется каменный материал большого объема и веса. Так, например, для определения пригодности железной руды к плавке на КМК отбираются пробы весом 100–200 т. производится опытная плавка по технологии, полностью соответствующей таковой в производственных условиях. В случае разведки месторождения бурением для отбора валовых проб производится проходка специальных горных выработок. Иногда технологическое опробование производится из горной массы, отобранной в транспортных сосудах или на обогатительной фабрике.

В зависимости от геологических особенностей месторождения, а также стоящих перед опробованием задач выделяются следующие способы отбора проб: ядерный, штучный, точечный, бороздочный, задрочный, валовый. Указанными методами производится отбор проб в горных выработках, в скважинах или в естественных обнажениях [11].

3.3. Геофизические исследования

Методы геофизических исследований основаны на различии в плотностных, магнитных, электрических и других свойствах горных пород разного минерального состава. Все геофизические методы в зависимости от природы физических полей

подразделяются на гравиметрические, магнитные, электрометрические, радиоволновые, сейсмические, радиометрические и термические [11].

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 метода для изучения кимберлитовых трубок, бокситов, золотоносных россыпей, а также трещиноватости, тектонической нарушенности и закарстованности массивов.

Гравиметрические методы позволяют определить глубину залегания, форму и размеры тел полезных ископаемых, 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.

Электрометрическими методами изучают сульфидные и угольные месторождения, участки повышенной фильтрации подземных вод, оконтуривают рудные тела, пласты антрацита и графита, выявляют разрывные нарушения, трещиноватые и закарстованные зоны.

Сейсмические методы используются при разведке месторождений нефти и газа, инженерно-геологических изысканиях: при изучении зон трещиноватости, разломов, карстовых отложений, многолетней мерзлоты, выветрелых горных пород, а также при оценке параметров упругости и прочности горных пород.

Радиометрические методы применяются при разведке радиоактивных руд, изучении обладающих незначительной радиоактивностью гранитных массивов, а также при выявлении 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 — это основной вид скважинных геофизических исследований: данные каротажа используют 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.

Особо следует остановиться на геофизических исследованиях наиболее важных в регионе угольных и железорудных месторождений. Различные природные особенности угольных 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.

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** (метод электрической корреляции), по степени коррелируемости пластовых разрезов в паре смежных скважин, который фиксирует наличие или отсутствие в межскважинном пространстве резкого перепада глубин залегания одноименных пластов, интерпретируемого как возможное разрывное нарушение. По данным МЭК выявляются до 30% разрывных нарушений с амплитудой 5–10 м.

МВСП (метод вертикального сейсмического профилирования) разработан и опробован в условиях Кузбасса. Позволяет выявлять и прослеживать в околоствольном пространстве любые структурные неоднородности пластов, в том числе и малоамплитудные разрывные нарушения. Метод обладает высокой разрешающей способностью: на расстоянии до 200 м по обе

стороны от скважины позволяет картировать пласты и проследить все разрывные нарушения с амплитудой 2–3 м и более.

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

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

Применение магниторазведки основано на том, что горные породы и руды, содержащие ферромагнитные минералы, вызывают магнитные аномалии. Магнитная восприимчивость пород и руд зависит в первую очередь от содержания ферромагнитных минералов, величины их зерен, формы, а также структуры и текстуры породы. Среди горных пород наибольшей магнитной восприимчивостью характеризуются основные и ультраосновные породы. Среди различных типов железных руд большей восприимчивостью обладают магнетитовые руды, редко — скопления пирротина.

Гравиразведка занимает второе место среди геофизических методов, а при поисках слабомагнитных руд приобретает во многих случаях первостепенное значение. Метод основан на различиях плотности руд и вмещающих их пород. Например, магнетитовые руды имеют плотность 3,8–5; для марититовых и мартиито-гематитовых — 3,2–3,8; рыхлые руды менее плотные — 2–2,9. 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 проследивать выходы пластов железистых

кварцитов под мощной толщей осадочных отложений и определять элементы залегания. В целом метод гравirazведки на железорудных месторождениях используется для решения того же круга задач, которые поставлены перед магниторазведкой.

Методы электроразведки в целях непосредственного выделения зон оруденения могут применяться только в комплексе с магниторазведкой и гравirazведкой. Особенно эффективно использование электроразведки для определения мощности наносов, глубины залегания и рельефа опорного горизонта, выявления и прослеживания контактов между породами с высокой дифференциацией по удельным сопротивлениям: прослеживания зон тектонических нарушений.

3.4. Геохимические исследования

Одним из путей повышения эффективности геологоразведочных работ является разработка и внедрение геохимических методов. В первую очередь это изучение первичных геохимических ореолов. Разведочными работами вскрываются рудные тела и рудовмещающие породы. Таким образом, создаются благоприятные условия для более полного изучения первичных геохимических ореолов, выяснения условий их формирования. На этой основе производится оценка перспектив рудоносности отдельных участков.

При разведке рудных месторождений геохимические методы могут быть использованы для решения различных задач:

- оценка перспектив рудоносных зон, подлежащих детальной разведке на глубину;
- поиски слепого оруднения;
- корректировка направления разведочных работ;
- ревизия ранее проведенных разведочных работ.

3.5. Запасы полезных ископаемых

Под запасами и прогнозными ресурсами понимается количество полезного ископаемого и полезных компонентов в пределах месторождения или его участка, определенное в недрах, то есть без вычета потерь при добыче. В соответствии

с народно-хозяйственным значением выделяются две группы запасов: балансовые и забалансовые. Подсчет и учет запасов полезных ископаемых осуществляется по результатам геологоразведочных и горнодобычных работ. 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.

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых оцениваются в пределах рудоперспективных территорий и отдельных месторождений на основе геологических предпосылок, выявленных в процессе геологического картирования, геофизических и других работ. 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 нецелесообразно или технически, или технологически невозможно, но в будущем они могут быть приведены в балансовые. К забалансовым запасам 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. 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, изучить характер и особенности изменчивости морфологии и внутреннего строения этих тел, технологические свойства полезных ископаемых, гидро-, инженерно- и горно-технические 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 выработок 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 проведенных изучений недр и достоверности полученных данных. Выделяются три категории прогнозных ресурсов P_1 , P_2 , 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 при геологическом изучении территории страны и ее регионов.

В целом, балансовые запасы (например, металла) оконтуривают по простиранию, падению пластообразных тел полезных ископаемых, а также по изоморфным телам полезных ископаемых и подсчитывают с помощью показателя минимального бортового содержания ($C_{\text{мин}}$), целесообразного для отработки:

$$C_{\text{MIN}} = ((Z_{\text{п}} + H_{\text{у}}) / (C_{\text{м}} \cdot K_{\text{и}} \cdot (1 - K_{\text{р}}))) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $Z_{\text{п}}$ — полные затраты на добычу руды и извлечение из них 1 т металла, тыс. руб.;

$H_{\text{у}}$ — налоги, не входящие в структуру эксплуатационных затрат, тыс. руб.;

$C_{\text{м}}$ — цена 1 т металла, содержащегося в руде, тыс. руб.;

K_p — коэффициент разубоживания металлов при добыче руды (доли ед.);

K_n — коэффициент извлечения металла из руды (доли ед.).

Тогда величина оконтуренных запасов (Q) определяется как:

$$Q = (S \cdot m \cdot C \cdot \gamma) / 100\%, \quad (2)$$

где S — площадь отдельного рудного тела или всего месторождения, км²;

m — мощность полезного ископаемого, м;

C — содержание металла, %;

γ — удельный вес металла, т/м³.

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 отдельные группы.

Например, по особенностям геологического строения — выдержанности мощности, строению угольных пластов, сложности условий их залегания и горно-геологических условий разработки — угольные месторождения относятся к 1–3 группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

Согласно установленным классификацией критериям к этим группам относятся угольные месторождения.

1 группа: с мощными и сверхмощными пластами, с пологим ненарушенным или слабо нарушенным залеганием (Канско-Ачинский); а также приуроченные к простым складчатым или крупно-блоковым структурам с выдержанными элементами залегания и преобладанием в разрезе выдержанных и относительно выдержанных пластов (Ленинский, Беловский и Ерунаковский районы Кузбасса и отдельные районы Печорского бассейнов). Для месторождений этой группы не менее 50% запасов должно быть разведано по категориям А и В, в том числе — не менее 20% по категории А.

2 группа:

а) с мощными и средней мощности относительно выдержанными пластами с пологим не нарушенным или слабо нарушенным залеганием (Подмосковный бассейн);

б) с преобладанием мощных и средней мощности выдержанных и относительно выдержанных пластов, сложно складчатых и интенсивно осложненных тектоническими нарушениями структур (Кемеровский, Анжерский, Пригорношорские районы Кузбасса, отдельные районы Печорского и Челябинского бассейнов). Для месторождений этой группы запасов по категории В должны составлять не менее 50% общих запасов категории В и С.

3 группа: с преобладанием в разрезе продуктивных толщ невыдержанных пластов, а также с преобладанием в разрезе выдержанных и относительно выдержанных пластов, но при очень сложных 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.

Проектирование горнодобывающих предприятий и выделение капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих предприятий допускается на базе запасов категории C_1 . 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. Подсчитанные запасы углей подразделяются по маркам и по группам [11].

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 проце-

дур: 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 [11].

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, простиранию (длине) и падению (ширине) рудной залежи.

Исходными материалами для оконтуривания по разведочному пересечению (мощности) служат данные геологической документации и опробования разведочных скважин и горных выработок.

Оконтуривание по мощности осуществляется по бортовому содержанию либо в геологических границах. Оконтуривание по простиранию и падению может проводиться путем непрерывного прослеживания рудного тела или с использованием приемов интерполяции и экстраполяции.

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.

Внутренний контур интерполируется через крайние выработки, пересекающие пласт с показателями мощности пласта и зольности угля, удовлетворяющими требованиям кондиций для подсчета запасов различных промышленных групп (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;

— 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) получают 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 паликативной (крылу, донной или залежевой части складок) и разрывной (тектоническому 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 нарушением, 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 раздельную 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 разрывов, тектонических раздувов и пережимов и т. п.

Площади, примыкающие к зонам расщепления пластов, контурам их разрывов, 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 разведанности, 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.

3.6. Ведение геологической документации

Результаты геологоразведочных работ, получаемых 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; полным изложением информации; использованием единых условных обозначений; краткостью текстовых описаний; тщательностью и аккуратностью исполнения.

Геологическая документация может быть первичной (полевой), чистовой (камеральной), тематической (специальной) и сводной (обобщающей). Первичная документация — точное и объективное фиксирование всех геологических деталей исследуемого объекта в естественном или искусственном обнажении.

Первичная документация выполняется в виде зарисовок, фотоснимков и описания обнажений, забоев, стенок, кровли и уступов горных выработок, а также в виде колонок, составленных по зарисовкам керна скважин. Первичная документация производится в полевых книжках в масштабах 1:20–1:200 с зарисовками особо интересных участков в более крупном масштабе и указанием мест отбора проб и образцов.

Чистовая (камеральная) документация выполняется по данным первичной документации с учетом полученных результатов опробования и минералого-петрографического изучения образцов. Результаты чистовой документации сводятся в альбомы, журналы.

Тематическая документация проводится при специальных исследованиях (минералогических, геофизических, геохимических), а также для изучения изменчивости и закономерности распределения оруденения. Результаты тематических исследо-

ваний отображаются на специализированных картах, планах и графиках в масштабах от 1:1 (1:20) до 1:100.

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.

Материалы сводной документации — основа для планирования, проектирования и проведения поисковых, разведочных и эксплуатационных работ. Основные документы [11]:

- а) геологическая карта района месторождения, масштаб 1: 50000–1:25000;
- б) геологическая карта месторождения, м-б 1:2000–1:1000;
- в) вертикальные геологические разрезы, м-б 1: 2000–1000;
- г) погоризонтные геолого-маркшейдерские планы;
- д) вертикальные продольные проекции.

Для геологической документации угольных месторождений характерны определенные особенности. На геологических разрезах отражаются: литологический состав пород и их элементы залегания; глубина залегания почвы, а иногда и кровли пластов; их индексация; горизонты абсолютных отметок; отметки эксплуатационных горизонтов; границы отводов, действующих, строящихся и запроектированных предприятий. Между выработками проектируются угольные пласты, маркирующие горизонты и разрывные нарушения.

Для многопластовых месторождений Кузбасса вычерчиваются специальные схемы параллелизации угольных пластов с крупномасштабными колонками смежных скважин, по которым более полно учитываются особенности литологического состава вскрытых пород. А при подсчете запасов на геологические разрезы наносятся границы подсъемных блоков.

Важным элементом сводной геологической документации являются гипсометрические планы, которые составляются в виде проекций на горизонтальную или вертикальную плоскость. Отстраиваются гипсометрические планы угольных пластов, отражающие пространственные изменения их морфологии

и качества углей, структурные особенности месторождения (участок и условия залегания углей).

Для построения гипсометрических планов используются геологическая карта или карта выходов пласта под наносы, погоризонтные планы, геологические разрезы и данные о глубинах, полученные подсечением в плоскости пласта разведочными и эксплуатационными выработками.

По результатам подсечения точек пласта выработкой наносятся структурные колонки пластов, что позволяет более наглядно отобразить пространственные изменения морфологии пласта. Масштаб колонок угольных пластов (стопок) — 1:50, для мощных и сверхмощных пластов он уменьшается. Эти планы являются основным обобщающим материалом результатов проведенных геологоразведочных работ, базой для подсчета запасов, разработки проектных решений, планирования развития горно-эксплуатационных работ.

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:

— продлить жизнь горного предприятия до предельного срока, когда будут исчерпаны все природные ресурсы полезных ископаемых на месторождении и в прилежащем районе, доступном для эксплуатации;

— 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 отработкой 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 и др.);

— 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 запасов полезного ископаемого.

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. 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. Потери 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 [11].

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 обоганительной 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 и др.

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.

В целом, 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 [11].

Раздел II. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Глава 4. Основные сведения о подземной разработке месторождений полезных ископаемых

Для разработки месторождений полезных ископаемых создается горное предприятие — совокупность горных выработок и наземных сооружений. Горные выработки, в зависимости от способа разработки месторождений, подразделяются на открытые и подземные выработки.

Подземные горные выработки, в первую очередь, подразделяются на капитальные вскрывающие, подготовительные и очистные. Вскрытие месторождения начинают с капитальной выработки, а затем проводят подготовительные выработки. При подземной добыче месторождений полезных ископаемых проводят вертикальные, наклонные и горизонтальные выработки. К вертикальным горным выработкам относят — шахтный ствол (для подъема полезных ископаемых), вспомогательный ствол (для спуска-подъема людей, материалов и т. д.), гезенк (для перехода с этажа на этаж). К наклонным горным выработкам относят — бремсберг (для спуска грузов), уклон (для подъема грузов). К горизонтальным — штольни, шпуреки и квершлагги [7, 8].

При подземной разработке месторождений необходимо обеспечить:

- безопасность разработки или безопасность рабочего места (хорошее освещение, нормальный состав воздуха, безопасность продвижения по выработкам, исключение пожаров и пр.);

- экономичность — она возможна при достижении высокой производительности труда горнорабочими с наименьшими затратами материалов и электроэнергии, т. е. при механизации и автоматизации горных работ;

- заданная производственная мощность — достигается выбором наиболее высокопроизводительной системы разработки месторождений, правильной организацией труда и высокой производительностью труда горнорабочих.

Способы вскрытия месторождения.

Для доступа к залежи ее вскрывают, т. е. с поверхности проводят шахтный ствол (штольню), от которого проводят горизонтальные, наклонные и вертикальные выработки, разбивающие месторождение на этажи. Над стволом расположен копер, вблизи него в специальном здании установлена подъемная машина, которая перемещает по стволу подземный сосуд — клеть, служащую для спуска и подъема людей, материалов и т. д.

В зависимости от вида главной вскрывающей выработки способы вскрытия подразделяют на простые и комбинированные. Первые осуществляются вертикальным стволом, штольней или наклонным стволом. Комбинированные способы — это сочетание двух или трех простых способов [8].

Вид главной вскрывающей выработки зависит от формы залежей. Они могут быть:

- изометричными;
- плитообразными;
- трубообразными или столбообразными.

Вертикальным стволом вскрывают горизонтальные или наклонные залежи.

Наклонными стволами вскрывают мощные пологие и наклонные залежи.

Вскрытие штольней применяют при отработке месторождений в гористой местности. При этом уровень штольни располагают ниже уровня месторождения.

В зависимости от горно-геологической ситуации выбирают те или иные или комбинированные способы вскрытия месторождений.

Подготовительные работы — это проведение горизонтальных и вертикальных выработок, при помощи которых вскрытая часть месторождения разбивается на отдельные выемочные участки — этажи, блоки, панели и столбы. Такие выработки называются подготовительными. К ним относятся откаточные орты и шп्रेки, восстающие, служащие для транспортирования горной массы и оборудования, передвижения людей, вентиляции и других целей.

Очистной выемкой называется комплекс производственных процессов, проводимых в подготовленных блоках с целью выемки и доставки полезных ископаемых. Очистная выемка состоит из следующих процессов: отбойка полезного ископаемого, доставка его до откаточного горизонта, проветривание, крепление или закладка выработанного пространства [8].

В целом, системой разработки месторождений называют определенный порядок подготовительных и очистных работ во времени и пространстве, принятый для месторождения или его части. В соответствии с конкретными горно-геологическими и производственными условиями применяют следующие формы поперечного сечения горизонтальных выработок:

- прямоугольная;
- трапецевидная;
- полигональная;
- арочная;
- сводчатая;
- подковообразная.

Расстояние между крепью и выступающими частями подвижного состава со стороны прохода людей составляет не менее 0,7 м, а с противоположной стороны — 0,25 м.

На большинстве месторождений по горнотехническим условиям могут применяться несколько различных систем разработки (наиболее безопасные, рациональные и эффективные) сплошные, слоевые, щитовые, длинными столбами и т. д. Длинными столбами разрабатываются наклонные угольные пласты. Очистные выработки бывают двух типов — камеры (примерно одинаковое расстояние по длине и ширине) и лавы (шириной 5–10 м и вытянутые по длине на 500–600 м и более. Камеры применяются при разработке рудных месторождений, а лавы — при разработке месторождений угля.

Глава 5. Основные сведения о технологии подземной разработки угольных месторождений

При подземной разработке угольных месторождений создается горное предприятие — угольная шахта. Участки угольного месторождения, предназначенные к разработке, называются — шахтное поле. Шахтное поле имеет размеры по простиранию 2–8 км, а по падению 1–2 км. Шахтное поле по падению обычно разбивается на несколько этажей. Размер этажа характеризуется длиной (часто совпадающей с длиной самого шахтного поля), и высотой. Высоту этажа определяют обычно по вертикали. На выбор высоты этажа влияет множество факторов.

Основные из них — мощность пласта, угол его падения, физико-технические свойства углей и т. д.; чем выше этаж, тем меньше объем капитальных и подготовительных работ. Для очистной выемки этаж по простиранию угольного пласта разделяют на отдельные блоки откаточными и восстающими выработками. Порядок отработки этажей, чаще всего, нисходящий. Этаж в направлении простирания разбивают на выемочные участки — блоки [8].

С момента ввода шахты или угольного разреза в эксплуатацию, утвержденные в государственной комиссии по запасам (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 капитальных и подготовительных горных выработок, проведенных на разрабатываемом месторождении угля, изменяется состояние промышленных запасов. Из общего количества промышленных запасов на разрабатываемых месторождениях выделяют вскрытые и нескрытые запасы, а в числе вскрытых различают запасы, готовые к выемке и подготовленные к нарезке, 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 геологическую службу и на маркшейдерскую службу угледобывающих предприятий возложен систематический учет добычи угля, учет потерь угля при эксплуатации, а также проведение учета состояния и движения запасов на разрабатываемом угольном 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 [11].

Движением запасов называется изменение их количества в результате добычи, разведки или переоценки за определенный период. Промышленное движение запасов выражается зависимостью:

$$Q_K = Q_H - Q_D - Q_{II} \pm \Delta Q - Q_C, \quad (3)$$

где Q_K — количество запасов на конец отчетного периода;

Q_H — балансовые запасы на начало отчетного периода;

Q_D — количество добытых за отчетный период запасов;

Q_{II} — эксплуатационные потери за тот же период;

ΔQ — прирост или уменьшение ранее подсчитанных запасов по данным доразведки за тот же период;

$Q_{\text{н}}$ — запасы, переведенные в охранные целики или временно неактивные за тот же период.

Исходное количество балансовых запасов месторождения $Q_{\text{н}}$ принимается из отчета по разведке и подсчету запасов, утвержденного ГКЗ, или из отчета за прошедший период.

Потери — это 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 объема 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. Его величина 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 содержания 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 ископаемого 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 — непереносимое 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 промышленности.

Глава 6. Основные сведения об открытой разработке месторождений полезных ископаемых

Открытыми горными работами называют совокупность работ, производимых с земной поверхности для добычи полезных ископаемых, в том числе углей. Преимуществами открытой разработки являются: высокая степень извлечения полезных ископаемых из недр, повышение производительности труда, в среднем, в 5–8 раз, снижение себестоимости добычи в 2–4 раза, улучшение условий труда, в первую очередь, улучшение техники безопасности.

Открытые работы делятся на работы открытого вида и работы глубинного вида. При разработках поверхностного вида глубина карьеров невелика (40–80 м) и постоянна. Таким образом, разрабатываются россыпные месторождения, месторождения угля и месторождения строительных материалов [7].

Вскрышные работы и отработка залежи полезного ископаемого при глубинной разработке проводят послойно в нисходящем порядке. Горную массу, как правило, перемещают вверх, на поверхность, и вскрышные породы складываются во внешние отвалы. Оработке каждого нового слоя предшествуют горно-подготовительные работы, обеспечивающие вскрытие рабочих горизонтов.

В результате производства открытых горных работ на поверхности образуются большие выемки, совокупность которых называют карьером. Контур поперечного сечения этих выработок является незамкнутым. В административно-хозяйственном понимании карьером называют горное предприятие,

рые позволяют начать систематическое производство вскрышных и добычных работ в соответствии с проектом.

Горно-капитальные работы, выполняемые в период строительства карьера до сдачи его в эксплуатацию, называют горно-строительными работами. К ним относят также добычные работы в период строительства карьера (попутная добыча) и комплекс работ по сооружению транспортных коммуникаций. Экономические особенности горно-строительных работ следующие:

- все затраты на горно-строительные работы относятся к капитальным вложениям;

- удельные затраты на горно-строительные работы (на 1 м^3) больше, чем на горные работы в период эксплуатации карьера (разреза).

Эксплуатационные горные работы подразделяются на вскрышные работы — выемка и перемещение в отвалы пустых пород и некондиционных полезных ископаемых с созданием подготовленных к разработке запасов полезных ископаемых; добычные работы — выемка и доставка добытого полезного ископаемого на склады или к потребителю.

Заключительной стадией открытой разработки месторождений, связанной с истощением запасов полезных ископаемых или — с переходом на подземную добычу полезных ископаемых, является период «затухания» (погашения) горных работ, продолжающийся несколько лет.

Порядок и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участка называют системой разработки. Принятая система разработки должна обеспечить безопасность ведения работ, их планомерность и экономическую эффективность, производственную мощность карьера, полноту извлечения полезных ископаемых, охрану недр и окружающей среды.

Под вскрытием (системой вскрытия) понимается совокупность долговременных горных выработок (траншей и подземных выработок), обеспечивающих транспортный доступ с земной поверхности к рабочим горизонтам карьера для доставки

вскрышных пород на отвалы, полезных ископаемых на склад. С поверхности доставляются люди, оборудование и материалы.

Технология разработки месторождений — это совокупность способов и приемов механизированного ведения горных работ. Непосредственно горные работы заключаются в выемке, перемещении и складировании полезных ископаемых, попутных и вскрышных работ.

Весь комплекс горных работ подразделяется на основные и вспомогательные работы. Основные принципы, на которых базируются технология и механизация горных работ, это — поточное производство, совмещение основных процессов, независимость процессов друг от друга, кратчайшее расстояние перемещения горной массы, сокращение объемов вспомогательных работ.

Раздел III. ОБОГАЩЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Глава 7. Качество и технологии получения минерального сырья

Обеспечение качества минеральной продукции начинается с геологоразведочных работ, проводимых с учетом всех правил и требований. Это позволяет максимально точно оценить кондиции месторождений полезных ископаемых — количество и качество полезных ископаемых, концентрации полезных ископаемых и их полезных компонентов, горно-геологические, экономико-географические и экологические условия эксплуатации месторождений. Полученные данные, в свою очередь, позволяют разработать и применить наиболее эффективные и рациональные технологии добычи и обогащения полезных ископаемых с соблюдением экологических нормативов, а также мероприятия по транспортировке минерального сырья потребителям.

С позиции качества все полезные ископаемые могут быть разделены на три категории:

- 1) полезные ископаемые, ценность в которых представляет химический элемент или химическое соединение.
- 2) полезные ископаемые, ценность в которых представляет минерал, обладающий некоторыми особыми свойствами;
- 3) полезные ископаемые, ценность в которых представляет вся добываемая масса.

К первой категории относятся все руды металлов, а также горно-химическое минеральное сырье, такое как — фосфориты, бор, каменная и озерная соль, сера, барит, флюорит, графит.

Содержание полезного компонента в минералах определяется в процентах, содержание золота и других благородных металлов, добываемых из россыпей, определяется также в граммах на тонну. Сравнивать месторождения полезных ископаемых по масштабу запасов можно только в пределах одного вида полезных ископаемых, так как в зависимости от него запасы в месторождениях меняются от миллиардов тонн до килограмм. Например, крупнейшие месторождения меди, свинца и цинка равны по запасам мелким месторождениям железа и марганца (табл. 6).

Таблица 6

Содержание полезных компонентов и запасы руд

Металлы	Минимальное содержание в рудах, в %	Минимальные запасы руд в месторождениях, в тоннах	Запасы руд в уникальных месторождениях, в тоннах
Железо, марганец	20–25	сотни тысяч	миллиарды
Медь, свинец, цинк	0,3–1	Тысячи-десятки тысяч	десятки миллионов
Уран	0,05–0,1	Десятки-сотни	тысячи
Золото, платина	0,003	килограммы	десятки тысяч

В зависимости от содержаний основного ценного компонента, руды металлов подразделяются на богатые, рядовые и бедные. Для разных металлов эти содержания также не одинаковы (табл. 7).

Таблица 7

Требования к кондиционности руд

Металл	Содержание полезного компонента, в рудах (в %)			Примечание
	бедные	Рядовые	богатые	
Железо	20–40	40–50	> 50	Богатые руды направляют в плавку, бедные и рядовые сначала обогащают
Хром	32–35	35–40	> 40	Богатые руды — готовый продукт, бедные и рядовые обогащают
Свинец и цинк	Pb — 1–2 Zn — 2–3	2–4 3–4	> 4 > 4	Руды требуют обогащения
Медь	0,7–2	2–3	> 3	Богатые руды идут в плавку
Молибден	0,05–0,1	0,1–0,2	> 0,2	Руды требуют обогащения

Кроме содержания основного полезного компонента, качество полезных ископаемых определяется содержанием попут-

ных ценных примесей, вредных примесей и некоторыми дополнительными свойствами (естественной кусковатостью, плавкостью и др.).

Подсчет полезных компонентов производится с помощью двух основополагающих методических документов, разрабатываемых и обновляемых ГКЗ, начиная с 70-х годов XX века. Это «Временные требования к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», а также «Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов». В современной редакции «Требований...» попутные полезные ископаемые и компоненты подразделены на три группы.

В первую группу входят — твердые полезные ископаемые, образующие самостоятельные рудные тела и залежи в породах, вмещающих основное полезное ископаемое; жидкие полезные ископаемые (подземные воды); газовые попутные компоненты (например, метан угольных пластов). Во вторую группу включены — попутные компоненты, которые не образуют самостоятельные залежи; компоненты, заключенные в нефти и горючих газах, которые при сепарации выделяются в самостоятельные продукты. В третью группу входят примеси в минералах основных и попутных компонентов (2 группы), а также органические, металлические и металлоорганические соединения в углях, металлы в нефти, горючих газах и в подземных промышленных водах.

Основные виды ценных и вредных примесей, встречающихся в рудах черных, цветных и редких металлов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Ценные и вредные примеси в рудах

Тип руд	Ценные примеси	Вредные примеси
Железные	Mn, Cr, V, W, Ni, Co	S, P
Медно-никелевые	Co, Pt, Pd, Se, Te	-
Медно-колчеданные	Co, Au, Ag, Ga, Ge	As, Sb
Свинцово-цинковые	Au, Ag, Ge, Bi, Hg	As, Sb
Нефелиновые руды (Al)	Ga	-
Золото-серебряные	-	As, Sb

Тип руд	Ценные примеси	Вредные примеси
Оловянные	W, Bi, Ta, Nb, Cs	As, Sb
Сурьмяные	Au, Ag, Hg, Se	As
Ртутные	Sb, Au, Se	As

Особым способом осуществляется оценка комплексных руд, медно-никелевых, свинцово-цинковых и т. д. Для оценки качества таких руд вводится понятие условного металла, к содержанию которого приводятся фактические содержания остальных компонентов посредством коэффициентов, учитывающих их относительную ценность. Как правило, в качестве условного выбирается металл (компонент), присутствующий в более высокой концентрации. Для пересчета содержаний остальных компонентов в содержания основного сначала рассчитывают пересчетные коэффициенты, определяемые как:

$$K_{i/O} = (U_i \cdot K_i) / (U_O \cdot K_O), \quad (4)$$

где $K_{i/O}$ — коэффициент пересчета содержаний i -го компонента в основной;

U_i — цена готовой продукции i -го компонента;

U_O — цена готовой продукции основного компонента;

K_i — коэффициент извлечения i -го компонента в готовый продукт;

K_O — коэффициент извлечения основного компонента в готовый продукт.

Затем, содержание условного металла (компонента) рассчитывается следующим образом:

$$C_y = C_O + C_1 \cdot K_{1/O} + C_2 \cdot K_{2/O} + \dots C_i \cdot K_{i/O}, \quad (5)$$

где C_y — содержание условного компонента (в % или г/т);

C_O — содержание основного компонента;

C_1, C_2, C_i — содержание прочих компонентов;

$K_{1/O}, K_{2/O}, K_{i/O}$ — коэффициенты пересчета содержаний прочих компонентов в содержание основного, рассчитанные по формуле.

Ко второй категории полезных ископаемых относятся асбест, слюды, пьезокварц, исландский шпат, оптический флюорит, а также группы поделочных и ювелирных камней. Качество асбеста определяется, в основном длиной волокон и отсутствием примесей. Например, длина волокна текстильного асбеста должна быть равна 8 мм, шиферного — от 2 до 8 мм, а строительного — от 0,2 до 2 мм.

Качество слюды оценивается размером бездефектных пластин (площадь — более 4 см², толщина — не менее 0,1 мм). Качество пьезокварца оценивается по размерам монокристаллов, не содержащих включений, микротрещин и дефектов кристаллической решетки.

Особо сложным является определение ценности драгоценных камней, поскольку ценность определяется не только физическими параметрами (размером, прозрачностью и т. п.), но и такими субъективными понятиями, как красота, мода и т. д. При оценке месторождений обычно отбирается представительная партия кристаллов и направляется специалистам — геммологам. Иногда такая оценка выполняется с изготовлением (огранкой) и реализацией пробной партии готовых изделий. Результатом оценки является определение средней цены одного карата кристаллосырья данного месторождения, которая, с учетом содержания и извлечения кристаллосырья, используется для экономических расчетов.

К третьей категории минерального сырья относятся различные подземные воды, нефть, природный газ, твердое топливо (горючие сланцы, торф, уголь), стройматериалы, керамическое сырье, огнеупоры, гипс, тальк и пирофиллит, минеральные пигменты, цеолиты и пр. Из руд металлов в эту категорию входят бокситы и хромиты. Качество сырья этой группы оценивается соответствием его определенных свойств, требованиям технических условий на продукцию, ГОСТов или соглашений с потребителем. В некоторых случаях (для бокситов, углей) этими требованиями определяется деление сырья на ряд сортов и марок, однако сырье одного месторождения чаще всего соответствует одному сорту (марке).

Требования, предъявляемые к тем или иным видам минерального сырья, весьма разнообразны. Например, для бокситов в РФ ГОСТами установлено 7 марок сырья, с различным целевым назначением, отличающихся по комплексному показателю качества, вычисляемому по содержаниям основных оксидов: Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CO_2 , CaO и др. Кроме того, лимитируются минимальные содержания Al_2O_3 и максимальные — вредных примесей (S, P и др.).

Оценка качества минерального сырья позволяет определить выход товарной продукции и, следовательно, величину дохода и прибыли. С учетом содержания вредных примесей оценка качества позволяет повышать технико-экономические параметры переработки минерального сырья, улучшая экологическую ситуацию.

Под технологическими свойствами минерального сырья понимается способность добытого из недр сырья превращаться в процессе первичной переработки в товарный продукт. Как правило, такая переработка заключается в отделении тем или иным способом ценных минералов от минералов пустых пород, при которой содержание ценного компонента в конечном продукте по сравнению с исходной массой существенно повышается. В некоторых случаях ценный элемент или минерал выделяются при переработке в относительно чистом виде. В случае комплексного характера полезных ископаемых задачей первичной переработки является получение раздельных продуктов по каждому ценному компоненту.

В некоторых случаях первичная переработка производится для очистки сырья от вредных примесей, ухудшающих потребительские свойства продукции, например, углей от минеральных примесей, повышающих зольность. Для некоторых видов неметаллического сырья (стройматериалов, асбеста, слюды и т. д.) в процессе первичной переработки может производиться сортировка продукции на сорта, типы, марки, имеющие разное назначение и ценность.

Процессы первичной переработки могут основываться на:

— различии физических свойств минералов (плотности, прочности, магнитности, гидрофильности, гидрофобности и т. д.);

— различии химических свойств минералов (растворимости в тех или иных реагентах);

— различии кристалломорфологических свойств минералов.

Процессы, в которых осуществляется выделение продукта с повышенным содержанием ценного компонента, называются обогащением полезных ископаемых.

Процессы, в которых осуществляется разделение продукции на те или иные классы (сорта, марки), называются сортировкой.

Получаемый в процессе обогащения конечный товарный продукт называют концентратом, а отбрасываемый, отвальный продукт — хвостами.

Важнейшими показателями, характеризующими эффективность процесса обогащения, являются:

— выход концентрата, измеряемый в весовых процентах от исходной массы;

— извлечение в концентрат от исходного количество компонента, перешедшее в концентрат (в %);

— потери в хвостах — относительные количества полезного компонента, не перешедшие в концентрат и потерянные для дальнейшего использования;

— содержание в хвостах — концентрация компонента в отвалах.

Содержание компонентов в концентратах и другие требования к их качеству устанавливается ГОСТами. Процессы обогащения регулируются таким образом, чтобы получать концентрат определенной марки.

Наиболее распространены следующие процессы обогащения полезных ископаемых [7].

1. Гравитационная сепарация — это разделение минералов по удельному весу (плотности), осуществляемое обычно в водной среде. Применяется для выделения в концентраты тяжелых металлов. Чаще всего, таким образом, получают самородное золото, платину, алмазы и сульфиды. Этот метод является

основным при разработке россыпных месторождений. Процесс недорогой и относительно экологически безопасный, но характеризуется невысокой избирательностью. Вследствие чего, (с большими потерями) часто получают коллективный или загрязненный концентрат.

2. Магнитная сепарация — это выделение магнитных минералов из немагнитной массы. Может осуществляться как в воздушной (сухая сепарация), так и в водной среде (мокрая сепарация). В основном применяется для обогащения железных (магнетитовых) руд. Процесс относительно дешевый, с высокой избирательностью. Обеспечивает высокое извлечение при низких потерях. Не дает вредных отходов. Недостаток этого метода — ограниченность полезных ископаемых, для которых он применим.

3. Флотация — это выделение минералов на основе различной их смачиваемости водой (т. е. на основе гидрофильных и гидрофобных свойств). Процесс ведется в водной среде с добавкой пенообразователей. Не смачиваемые водой частицы прилипают к воздушным пузырькам и всплывают в пену (пенный концентрат), а смачиваемые — тонут. Применяя различные реагенты можно изменять гидрофильные и гидрофобные свойства минералов, повышая избирательность процесса. Метод применяется для выделения сульфидов (в том числе, для получения селективных концентратов), руд редких металлов, тонкого золота, а также многих видов химического (апатит, флюорит и др.) и технического (например, графит) минерального сырья. Недостатки метода следующие — применение токсичных реагентов, необходимость тонкого измельчения исходного материала и высокая стоимость.

4. Гидрометаллургия — это выделение полезных компонентов химико-технологическими методами. Она включает ряд основных технологических операций — дробление и измельчение руды, хлорирующий, окислительный, сульфатный или восстановительный обжиг, спекание, перевод извлекаемого металла в водный раствор (выщелачивание), отделение металлосодержащего раствора от пульпы в сгустителях или фильтрах.

Таким образом, получают многие цветные и благородные металлы (Cu, Zn, Ag, Au и др.). Положительное свойство этого метода — высокая избирательность. Недостаток метода — применение высокотоксичных реагентов (например, цианидов), а также его относительно высокая стоимость.

5. Пирометаллургия — это совокупность металлургических процессов — протекающих при высоких температурах. Выделяют следующие виды пирометаллургических процессов: обжиг, плавка, конвертирование, рафинирование, дистилляция. Обжиг характеризуется тем, что материал сохраняет твердое состояние при изменении состава. Он проводится в печах кипящего слоя (производство меди, ферромолибдена), трубчатых печах (обжиг концентратов Fe), на агломерационных машинах, в муфельных печах (редкие металлы). Плавка характеризуется полным расплавлением шихты и разделением расплава на металл и шлак или металл и штейн (полуфабрикат). Способ применяют при доменном производстве Cu, Pb, Ni в шахтных печах; мартеновском производстве концентратов Cu в отражательных печах, производстве стали ферросплавов, Cu, Ni в электропечах. Конвертирование, заключается в продувке воздухом или кислородом расплавленных металлов (чугуна или штейна — производство Cu, Ni). Рафинирование — в обработке расплавленных черновых металлов с помощью присадок (солей, щелочей и металлов — производство Cu, Zn, Au, Pb, Sn). Дистилляция заключается в переводе восстанавливаемого металла в парообразное состояние с последующей конденсацией (производство Pb, Zn, Sn, Ti). Недостаток всех методов пирометаллургии — высокие энергозатраты.

Кроме этих основных способов, для отдельных видов минерального сырья может применяться ручная разборка сырья (с отбором шпудов ценных минералов — пьезооптическое и самоцветное сырье); избирательное измельчение и рассев асбеста, отмывка или отмучивание твердых минералов от глинистого вещества. Может проводиться радиометрическая сепарация (уран), а также фото- или рентгеновская сепарация (изумруды, алмазы). Методы гидрометаллургии в последнее время

Основные компоненты угля: органическое вещество — носитель его горючих и других технологических свойств; минеральные включения и влага. В соответствии с характером исходного минерала выделяют группы углей:

- гумолиты — продукты отмирания высших растений;
- сапропелиты — продукты отмирания низших растений и зоопланктона;
- сапрогумолиты — переходные смешанные группы.

В химическом отношении органическое вещество углей представлено комплексом сложных высокомолекулярных соединений со сложной структурой. В элементном составе преобладает углерод (табл. 9), подчиненное значение имеют кислород, водород, азот и органическая сера. Менее 1% в сумме составляют: фосфор, соединения черных, цветных руд и металлов и другие компоненты.

В результате диагенеза и метаморфизма углей, объединяемых понятием «углефикация», в элементном составе органического вещества доля С нарастает последовательно с одновременным снижением доли O_2 и H, параллельно изменяются другие химические, физические и технологические свойства.

Таблица 9.

Элементный состав углей на стадиях углефикации (в %)

Элемент	Древесина	Торф	Бурый уголь	Каменный уголь	Антрацит
Углерод	49,7	50–60	63–77	74–92	89–98
Кислород	43,2	31–40	16–28	2–17	до 1
Водород	6,2	4,5–6,5	4,0–6,3	3,7–5,9	2–3
Азот	0,9	0,8–2,9	0,7–1,4	1–2,5	до 1

В соответствии со степенью углефикации и с учетом параметров, установленных нормативно-технической документацией, ископаемые угли подразделяются на три основных вида: бурые, каменные и антрациты.

Бурый уголь — низший член генетического ряда. Различают мягкие и плотные разновидности. Мягкие (более молодого возраста) — землястые, листоватые. Влажность — 60–40%.

Содержание углерода (С) — 63–71%. Плотные угли — однородные полосчатые, для них характерна экзо- и эндопрещиноватость. Влажность — 40–17%. Содержание С — 71–77%. Блеск матовый. Все бурые угли на воздухе быстро теряют свободную влагу, при сгорании дают длинное коптящее пламя. Теплота сгорания (Q) — 25–33,5 МДж/кг.

Каменный уголь — твердая плотная, преимущественно плосчатая, реже однородная, порода черного или серо-черного цвета, блеск матовый, блестящий. Содержание С — 74–92%, Влажность — 16–4,6%. Высшая удельная теплота сгорания сухого беззольного угля — 30,5–36,8 МДж/кг.

Органическое вещество среднemetаморфизованных углей определенного состава (без доступа воздуха) переходит в пластическое состояние с последующим образованием связанного, нелетучего остатка. Это свойство — основа использования коксовых углей в коксохимическом производстве.

Антрацит — наиболее углефицированная (содержание углерода в органическом веществе 89–98%) разновидность ископаемого угля. Плотная порода серовато-черного цвета с ярким металлоидным блеском. Влажность — менее 4%, Q — 33,5–35,2% МДж/кг. Широкий диапазон использования антрацитов в промышленности, так как для них характерна — высокая электропроводность, низкая реакционная способность к окислению, стойкость к истиранию (твердость = 4 по шкале Мооса), а также к агрессивным средам.

Гравулометрический состав — количественная характеристика угля по размеру кусков — нормируется для всех направлений использования.

Разделение угля по крупности производится путем его сортировки (грохочения) на ситах с соответствующими размерами. Выделяют следующие классы (сорты) углей: плитный (П) — крупностью более 300 мм; крупный (К) — 50–300 мм; орех (О) — 25–50 мм; мелкий (М) — 13–25 мм; семечко (С) — 6–13 мм и штыб (Ш) — менее 6 мм. Верхний предел крупности плитного класса 300 мм распространяется только на уголь, добытый открытым способом.

Механическая прочность — способность угля сохранять размеры кусков при ударах и истирании. Изучается для углей, предназначенных к использованию для газификации, для получения термоантрацитов, в электродном и литейном производствах, а также для сжигания в топках судов речного флота. Определяется путем разрушения углей во вращающихся (большом или малом) барабанах в соответствии с установленными стандартом условиями. Показатель (индекс) механической прочности — остаток (в %) массы кусков определенной крупности от массы испытуемой пробы, после испытания дробимости угля во вращающемся барабане.

Термическая прочность (стойкость) — механическая прочность угля в кусках после термической обработки — изучается для углей, предназначенных для сжигания в топках транспортных средств, для полукоксования, гидрирования и получения линейных электродных термоантрацитов. Устанавливается путем нагревания пробы угля (антрацита) в муфеле при $t = 900 \pm 25^\circ\text{C}$, испытания в барабане на дробимость, и последующего определения содержания классов по крупности кусков. Показатель (индекс) термической стойкости — выход класса более 13 мм в % от массы пробы.

Электрические свойства. На низких стадиях метаморфизма угли можно сравнить с диэлектриками, на средних — с полупроводниками, на высоких (антрациты) — с проводниками. Удельное электрическое сопротивление (ρ , Ом м) колеблется в пределах: бурых углей 10–200, каменных 10^2 – 10^6 , антрацитов — 10^3 – 10 . Этот показатель нормируется для антрацитов, используемых в производстве термоантрацита.

Плотность угля. В естественном состоянии и извлеченный на поверхность уголь разбит обычно трещинами и включает поры различной формы и размеров. Объем пор и трещин единицы массы или объема угля, представленных порами и трещинами, сообщающимися с внешней средой, называют открытой, а не сообщающимися с внешней средой закрытой пористостью. Различают плотности: действительную (d_d) — отношение массы угля к его объему за вычетом объема пор и трещин,

и кажущуюся (d_v) — отношение массы угля к его объему, включая объем пор и трещин.

Действительную плотность определяют пикнометрическим методом, кажущуюся — взвешиванием в воде и в воздухе запарфированных (покрытых влагонепроницаемой пленкой) кусков угля. Действительная плотность отражает генетические особенности угля, в процессе метаморфизма действительная плотность вначале снижается за счет уменьшения в органическом веществе содержания кислорода и достигает минимума в среднеметаморфизованных (коксовых) углях, а затем последовательно нарастает в высокометаморфизованных каменных углях и в антрацитах за счет уплотнения их молекулярной структуры.

Действительная плотность может незначительно увеличиваться (на сотые процента) при увеличении содержания золы, серы и минеральных примесей (особенно пирита). Кажущаяся плотность угля всегда ниже его действительной плотности. Различия в их величинах максимальные для мягких бурых углей ($0,3-0,7\%$ г/см³) и минимальные ($0,1$ г/см³) для антрацитов. Кажущаяся плотность — один из основных параметров подсчета запасов углей в недрах и учета размеров его добычи. При добыче уголь образует сыпучую массу из крупных и мелких кусков и мелочи, которая характеризуется насышной плотностью — отношением массы свеженасыпанного угля к его объему, определяемому в соответствующих емкостях — вагонетках, железнодорожных вагонах и т. д.

Влажность угля — Добытый уголь теряет на воздухе свободную влагу, находящуюся на внешней поверхности кусков и зерен. Это — поверхностная влага, влага смачивания. При высушивании она теряется и оставшаяся влага, присущая химической природе углей, называется максимальной влагоемкостью — $W_{\max}$.

В соответствии с принятыми методами анализов в углях определяется:

W_{ex} — внешняя влага, удаляемая при доведении угля до воздушно-сухого состояния W_h ;

W_h — влага воздушно-сухого угля, остающаяся в углях после его доведения до воздушно сухого состояния.

Внешняя влага — свободная влага на внешних поверхностях кусков и зерен угля, а также удерживаемая капиллярными силами в порах. Ее повышение до 5% и более обуславливает смерзаемость углей, слеживаемость его в бункерах, слипание угольной мелочи. Определяется при подсушивании углей до температуры 40°C (для бурых углей) и 50°C (для каменных углей) в сушильных шкафах.

Влага воздушно-сухого угля представлена, в основном, адсорбционно-связанной водой и характеризует пористость и гидрофильные свойства поверхности частиц угля. Определяется путем просушивания пробы угля до $t = 105-110^\circ\text{C}$. Значения ее снижаются от 10–13% в мягких бурых углях до 6–10% в плотных бурых, до 5% в слабометаморфизованных углях, до 1–1,5% в средне- и сильнометаморфизованных углях и вновь возрастают до 3–5% в антрацитах

Суммарная величина внешней и воздушно-сухой влаги — составляет общую влагу углей (W) (табл. 10). Вода, содержащаяся в органическом веществе угля и в кристаллической решетке неорганических минералов не удаляется при температурах, в пределах которых определяется общая влага и ее составляющие. Эта вода удаляется при процессах термического разложения углей (например, при коксовании) и учитывается как пирогенетическая W_{sk} и гидратная W_M влаги. Содержание W_M в углях колеблется в пределах 3–18%.

Таблица 10

Виды влаги в углях

Связь с углем	Виды влаги	Определяемые показатели	
Внешние поверхности кусков и зерен	Влага смачивания		
Трещины и поры	Общая: Свободная и связанная	$W_r (W_{max})$	W_{ex} W_h
Минеральные примеси	Гидратная	W_M	
Органическое вещество	Пирогенетическая	W_{sk}	

5–5,6, при повышенном тонкодисперсном распределении минеральных примесей в органическом веществе «материнская» зольность может достигать нескольких десятков процентов.

Внешняя зола образуется за счет содержащихся в угле минеральных включений, а также внутрипластовых и вмещающих пород, засоряющих уголь при добыче.

Состав и свойства золы. Основные компоненты — оксиды Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, подчиненное значение имеют оксиды Ti, P, Mn. По составу различают кремнистые (SiO_2 — 40–70%), глиноземные (Al_2O_3 — 30–40%), железистые (Fe_2O_3 > 20%) и известковистые (CaO 20–40%) золы.

Повышенное содержание в золах глинистых компонентов затрудняет сжигание углей. Повышенное содержание натриевых минералов (кроме Na-силикатов) в золе приводит к шлакованию поверхности нагрева, уменьшению t° , получаемых при горении газов, коррозированию арматуры топок и котлов. Повышенное содержание в составе золы CaO приводит к изменчивости плавкости зол и осложняет технологию золоулавливания и золоудаления. Si и Al в составе золы переходят в кокс, что приводит к дополнительной подаче флюсов.

Состав зол, их плавкость и другие технологические свойства — вязкость в жидкоплавком состоянии, шлакуемость и шлакующая способность, дисперсность и абразивность влияют на процессы сжигания и переработки углей, а также на возможность использования зол в производстве стройматериалов или для извлечения из них ценных компонентов.

Выход летучих веществ. При нагревании угля без доступа воздуха органическая его масса разлагается с образованием газо- и парообразующих продуктов (летучих веществ) и твердого нелетучего остатка. Масса (или объем) летучих продуктов, выражаемая в % по отношению к единице массы испытуемого угля в определенных стандартом условиях ($t_{\text{нагрева}}^0 = 850 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 7 мин.), называется выходом летучих веществ (V).

Состав летучих продуктов: первичный деготь (из бурых углей) или каменноугольная смола (из каменных), газы — CO , CO_2 , H_2 , CH_4 , легкие углеводороды и их производные, вода.

Выход летучих веществ зависит от петрографических свойств углей, степени восстановленности органической части и доли минеральной части. Разложение минералов сопровождается дополнительным образованием сернистых газов, CO_2 и H_2O .

Выход летучих веществ в пересчете на сухое, беззольное (V^{daf}) состояние угля используется как один из основных параметров промышленной классификации каменных углей, характеризующих их свойства и строение. Наиболее богаты летучими компонентами — сапронелиты.

Теплота сгорания — важнейшая характеристика, используемая для сопоставления теплотехнических свойств углей различных месторождений, марок между собой и с другими видами топлива, а также как классификационный показатель слабометаморфизованных и окисленных углей.

Определение теплоты сгорания производится замером количества тепла, выделяемого единицей массы угля при полном сгорании его в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода в установленных стандартом условиях.

Соответствующими пересчетами теплоты сгорания, определенной по бомбе, получают значения высшей теплоты сгорания Q_s с исключением тепла, полученного за счет кислотообразования, и низшей теплоты сгорания Q_i с дополнительным исключением тепла, полученного за счет испарения воды. Высшая теплота сгорания, пересчитанная на сухое беззольное состояние угля Q_s^{daf} , характеризует природный тип угля, степень его углефикации, вещественный состав. Низшая теплота сгорания рабочей массы угля Q_i^f выражает количество тепла, которое с учетом балласта (влаги и золы) может быть практически реализовано при сжигании.

Теплота сгорания горючей массы (Q) зависит главным образом от его элементного состава, определяемого, в свою очередь, вещественным составом и степенью метаморфизма (36000–36000 кДж/кг для Ж, К, ОС по Кузбассу).

Спекаемость — это свойство угля переходить при нагревании без доступа воздуха в пластическое состояние с образованием связанного нелетучего остатка (спекающая способность).

При нагреве углей определенного свойства и определенной степени углефикации до температуры $> 300^{\circ}\text{C}$ без доступа воздуха из них выделяются паро-газовые и жидкие продукты.

Часть этих продуктов удаляется из зоны реакции, оставшаяся — образует совместно с твердыми продуктами пластическую или вязкотекучую массу. При $t^{\circ} 500\text{--}550^{\circ}\text{C}$ эта масса затвердевает, образуется спекшийся твердый остаток — полукокс. При дальнейшем увеличении t° (до 1000°C и более) в полукоксе снижается содержание O_2 , H_2 , S , последовательно возрастает содержание C , происходит структурно-молекулярная перестройка органического вещества с упорядочением расположения углеродных слоев. Полукокс переходит в твердый углеродистый продукт — кокс.

Спекаемостью обладают каменные угли II–V стадий метаморфизма, определенного петрографического состава. Носители спекаемости — мацералы группы витринита и лигнитинита.

Спекаемость угля — основа переработки его для получения кокса. В некоторых процессах использования угля (газификация, получение синтетического топлива, производство адсорбентов и др.) она является отрицательным фактором и поэтому изучается для всех каменных углей. Оценка спекаемости производится путем изучения характера нелетучего остатка, получаемого из угля после отгонки летучих веществ (пластометрический метод А. М. Сапожникова — ГОСТ 1186–87).

Метод заключается в испытании угля в пластометрическом аппарате, в котором создаются условия, сходные с условиями промышленного коксования. По результатам испытаний определяются: толщина пластичного слоя u , в мм, характеризующая спекаемость угля, — максимальное расстояние между поверхностями раздела: уголь — пластическая масса — полукокс (обычно от 10 до 40 мм); характеристика нелетучего остатка (трещиноватость, пористость, блеск, цвет и т. д.). Если менее 6 мм — спекаемость не определяется.

Коксуемость — это свойство измельченного угля спекаться с последующим образованием кокса с установленной крупностью и прочностью кусков. Изучается в лабораторных и полупромышленных условиях, с помощью прямых и косвенных методов.

Обогащение — это обработка добываемого угля для повышения содержания в нем горючей массы путем удаления негорючих компонентов. Различают трех- и двух продуктивное обогащение.

В первом случае получают 3 продукта:

- концентрат, в котором содержание горючей массы более высокие, чем в исходном питании — угле, поступающем на обогащение;

- промежуточный продукт — смесь органо-минеральных частиц и сростков угля и породы;

- отходы (хвосты обогащения) с содержанием негорючих компонентов более высоким, чем в исходном и промежуточном продукте.

Побочный продукт обогащения — шлам (уголь, крупностью менее 0,5 мм) скапливается в водах углеобогащительных фабрик. При двух продуктивном обогащении промежуточный продукт не получают.

Перед обогащением угли подвергаются предварительному дроблению и классификации — разделению на классы крупности. Уголь, выделенный из рядового и не подвергающийся обогащению, называется отсевом.

Методы обогащения углей: гравитационный, флотационный, электрический, магнитный центробежный, химический.

Гравитационное обогащение основано на различии плотностей разделяемых компонентов — угля, сростков, породы. Осуществляется разделением обогащаемого угля в вертикальном пульсирующем потоке воды, воздуха (отсадка) либо в тяжелых жидкостях или суспензиях.

Флотация угля основана на различии смачиваемости частиц, обработанных флотационными реагентами, всплывании и накоплении их на поверхности пульпы. При введении в пульпу воздуха накопление частиц на ее поверхности происходит в виде трехфазной пены (пенная флотация). Разновидность этого способа — вакуумная флотация, при которой воздух, необходимый для осуществления процесса, выделяется из пульпы в результате перепада давления. При введении в пульпу масла

флотируемые частицы накапливаются на ее поверхности в виде крупных агрегатов (масляная флотация).

Электрический и магнитный способы обогащения осуществляются соответственно в электрическом или магнитном поле и основаны на различии электрических (магнитных) свойств разделяемых компонентов.

Химическое обогащение основано на удалении из угля негорючих компонентов химическими способами.

Дополнительные операции при обогащении — обеспыливание, обеспыливание углей, осветление оборотной воды, обезвоживание и сушка частиц угля, усреднение качества продуктов обогащения.

Основные показатели обогащения:

- глубина обогащения — степень чистоты продуктов обогащения по заданным показателям качества;

- предел обогащения — наименьший и наибольший размеры частиц угля, эффективно обогащаемых в обогатительной машине;

- выход продуктов обогащения по отношению к исходной массе (в том числе по фракциям);

- потери ценных компонентов, теряемые с отходами обогащения;

- эффективность обогащения — отношение фактического показателя обогащения к теоретически достижимому.

При обогащении углей необходимо учитывать экономическую эффективность работы угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий — доходность, прибыльность, уровень рентабельности, среднюю оптовую цену за уголь и себестоимость.

Обогатимость угля — это способность к разделению на продукты обогащения по заданным показателям качества.

Для каменных углей и антрацитов она исследуется путем обработки результатов фракционного анализа проб (ГОСТ 4790–80) — расслоения угля различных классов по крупности кусков на фракции в жидкостях различной плотности (1300–2100 кг/м³) и определения выходов и показателей качества полученных фракций.

Фракции группируются по плотности (кг/м^3) каменных углей: в концентрате (с A^d до 10%) до 1500, в промежуточном продукте — свыше 1500 до 1800, в породе — выше 1800; в антрацитах, соответственно, до 1800, 1800–2000, и > 2000 . Показатель обогатимости ($T, \%$) рассчитывается:

$$T = \frac{V_1}{100 - V_2} \cdot 100, \quad (6)$$

где V_1 — выход промежуточного продукта, %;

V_2 — выход фракций породы, %.

В зависимости от значения показателя обогащения определяется его категория T (в %): до 5 — 1-ая (легкая), 5–10 — 2-я (средняя), более 10 до 15 — 3-я (трудная), свыше 15 — 4-я (очень трудная).

Основные направления использования углей

Уголь является важнейшим источником энергии, а доступные для освоения запасы угля могут использоваться мировым сообществом в течение 500–700 лет (хотя возможно и меньше — вследствие перехода на более выгодные виды энергии, увеличения нагрузки на забои и ухудшения горно-геологических условий).

Угли Кузнецкого бассейна характеризуются большими запасами — более 60-ти млрд т разведанных балансовых запасов, из них свыше 30 млрд т коксующихся углей, в том числе около 20 млрд т углей особо ценных марок, а прогнозные ресурсы оцениваются как более 600 млрд т угля. В угольной промышленности Кузбасс является ведущим регионом, на долю которого приходится более 50% угледобычи, а по качеству — угли гораздо выше, чем в других бассейнах.

По сравнению с другими угольными бассейнами России Кузбасс отличается в целом: благоприятными климатическими условиями, близостью к сырью (уголь, железо) и развитой промышленностью. Недостатком является удаленность бассейна от большинства внешних потребителей из-за высокой транспортной составляющей в цене на углепродукцию. Следовательно, основной задачей угольной промышленности Кузбасса является

повышение конкурентоспособности кузнечных углей, с помощью повышения: качества товарных углей, эффективности работы угольных предприятий, а также с помощью проведения разумной ценовой политики.

Кроме того, в связи с нарастанием темпов угледобычи, особенно актуальными становятся задачи по снижению вредного экологического влияния крупномасштабного использования углей, сопровождающегося накоплением больших масс отходов производства, деформацией поверхности, загрязнением атмосферы и гидрографической сети токсичными элементами.

Разработка мероприятий по улучшению экономических показателей угледобычи за счет внедрения прогрессивных способов и технических средств добычи угля, «запасосберегающих» технологий выемки и комплексного использования извлечений на поверхность горной массы, а также по снижению вредного воздействия промышленного освоения угольных месторождений на окружающую природную среду во многом определяется полнотой, достоверностью и качеством геологической информации.

Основой для содержания такой информации служат научно-теоретические представления о генезисе ископаемых углей, условиях образования и дальнейшего развития угольных месторождений, а также многолетний опыт их разведки, разработки и использования углей как минерального сырья. Поэтому, вышеперечисленные представления подробно рассматриваются в курсе управления качеством угольной продукции и служат основой для промышленных и генетических классификаций, проведения технических и технологических анализов, промышленных и полупромышленных испытаний, а также позволяют более глубоко понять проблемы, связанные с обогащением углей и более широким использованием угольной продукции и попутных компонентов.

В настоящее время в мире известно около 3000 угольных месторождений. Общие ресурсы угля составляют 14,8 трлн т или 12 трлн тонн условного топлива (т. у. т.). Этот термин используется для сравнения теплового эффекта от сжигания разных видов топлива. За условное принимается топливо с низшей

теплотой сгорания 29,3 М/Дж/кг. Пересчет натурального топлива в условное производится умножением его массы на калорийный эквивалент $\mathcal{E}_k$ — отношение низшей теплоты сгорания к низшей теплоте сгорания топлива. Для сравнения потребительской ценности топлива используется технический эквивалент $\mathcal{E}_n$ с введением в расчетную величину $\mathcal{E}_k$ дополнительно величины КПД использования данного топлива. По прогнозным ресурсам углей Россия находится на первом месте — около 4,5 трлн т (32%), в США — 3,6 трлн т (24%), а в Китае 1,5 трлн т (10%). По разведанным запасам — США — 450 млрд т (26%), Китай — 272 млрд т (16%), Россия — более 200 млрд т (12%).

Таким образом, запасы угля являются важным фактором формирования и дальнейшего развития экономики нашей страны и требуют дальнейшего изучения, а также разработки рациональных схем добычи и переработки угольной продукции и совершенствования ее качества для разнообразных направлений использования.

Основные направления использования ископаемых углей: энергетическое — производство электроэнергии и тепла и технологическое — получение металлургического кокса, химического сырья (более 300 видов и наименований). В меньших масштабах осуществляется газификация и полукоксование углей. Кроме того, получают карбид кальция и кремния, термоантрациты, термографиты, катодные блоки, электроды, углещелочные реагенты, гуминовые кислоты и азотные удобрения, а также угли используют для агломерации руд.

Перспективное направление переработки ископаемых углей — гидрогенезация и пиролиз угля с целью получения жидкого и газообразного топлива, а также продуктов органического синтеза, новых видов пластмасс, извлечения серы. Кроме того, угольные месторождения разрабатываются комплексно. Утилизируются попутные полезные ископаемые — метан для теплоэнергетического использования; твердые полезные ископаемые (торф, глины, пески, песчано-гравийный материал) для промышленного, жилищного и дорожного строительства; подземные воды для питьевого, технического водоснабжения, бальнеологических целей или извлечения из них ценных компонентов.

Извлекаются попутные полезные компоненты — серный колчедан, воскодержащие битумы, галлий, германий и другие металлы, что одновременно улучшает экологическую обстановку (например: извлечение серы, мышьяка, ртути и т. д. При комплексном освоении угольных месторождений важен и экономический и экологический факторы, а также повышение качества угольной продукции, путем снижения сернистости, зольности углей и т. д.

Для понижения зольности применяют выемку пачек угля без присечки, а также обогащение добытого угля физико-химическими методами (в первую очередь, флотационные). Снижение сернистости углей также производится с помощью флотационного, гравитационного, магнитного и других методов, но извлечение при этом органической серы невелико. Поэтому для добычи низко сернистых углей крайне важны точные геологические данные.

Грамотно проведенные геологоразведочные работы первый фактор повышения качества любой угольной продукции. Например, и энергетическая и технологическая ценность углей во многом определяется их вещественным составом. Угли Кузбасса марок КС, ТС и Т, содержащие более 50% инертинита, наиболее эффективно сжигать в слоевых топках, чем в пылеугольных. Низкий выход летучих веществ и сернистых соединений позволяет сжигать их с наименьшими выбросами дыма и вредных веществ. Эффективность пылеугольного сжигания находится в обратной зависимости от содержания фюзенизированных микрокомпонентов. Если оно превышает 50%, для полного сжигания компонентов необходима более высокая температура, чем для витринитовых углей. Поэтому, геологические данные о марочном составе ресурсных запасов углей важны для поставок потребителям коксующихся углей продукции, позволяющей формировать необходимое количество и качество кокса, что позволит получать качественный металл.

Вторым фактором является разработка рациональных схем угледобычи, снижающих содержание вредных примесей в углях (например: выемка угля без присечек) и позволяющих извлекать

попутные ценные компоненты валовым или селективным способом. Третий фактор — это разработка и внедрение наиболее рациональных и перспективных методов обогащения углей с учетом извлечения всех возможных попутных ценных компонентов.

Четвертым фактором, повышающим качество товарных углей, будет совершенствование самой системы поставок углепродукции потребителям, включая: ее обязательную сертификацию с учетом всех положительных (энергетическая и технологическая ценность) и отрицательных показателей (вредные примеси); улучшение условий транспортировки (маркировка и упаковка продукции); эффективную схему сбыта и товарооборота продукции.

Раздел IV. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Глава 9. Экономическая оценка проектов по разработке месторождений полезных ископаемых

Оценка проектов по эксплуатации месторождений начинается с **геолого-экономической оценки месторождений**. При этом учитываются общие запасы полезных ископаемых, среднее бортовое содержание основных полезных компонентов, содержание попутных ценных компонентов и попутных полезных ископаемых (например, стройматериалы), морфология рудных тел, технические и технологические свойства руд и т. д.

Оценка проектов включает анализ расходов по капитальному строительству горнодобывающих и обогащательных предприятий, объем ежегодных затрат и величины налогообложения, транспортных расходов. В результате определяется объем инвестиций, необходимых для реализации проекта, срок их окупаемости и, в конечном счете, эффективность самого проекта по освоению месторождений.

Оценка конкурентных рынков минерального сырья предусматривает анализ рынков минерального сырья и их отдельных сегментов (например, цветных металлов), определение их емкости, объема, спроса и предложения, неценовых факторов спроса и предложения, а также определения цен на минеральную продукцию и показателя конкурентоспособности предприятий (включающего уровень затрат и объем производства), представленных на рынках минерального сырья.

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 [9, 10].

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 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). Согласно рамочной классификации любое месторождение оценивается по трем параметрам: геологическому, технологическому и экономическому. Первый параметр — это степень геологической изученности объекта (балансовые, забалансовые запасы или прогнозные ресурсы). Второй — наличие или отсутствие рентабельных промышленных технологий добычи и переработки минерального сырья. Третий — динамика спроса

и цен на минеральную продукцию. Если объект удовлетворяет всем параметрам (балансовые запасы, рентабельные промышленные технологии, устойчивый спрос и высокие цены на минеральную продукцию), то его запасы оцениваются как экономические. Если один из параметров отстает (забалансовые запасы, отсутствие промышленных технологий, неустойчивый спрос и цены на продукцию), то запасы оцениваются как возможно-экономические). При отставании двух или всех трех параметров запасы месторождения оцениваются как условно или потенциально экономические.

Геолого-экономическая оценка может быть представлена в матричной форме (табл. 11).

Таблица 11

**Геолого-экономическая оценка
месторождений полезных ископаемых**

Категории запасов металлов	Запасы / ресурсы металлов	Наличие технологий извлечения	Область применения	Объемы потребления
экономические	балансовые	промышленные	широкая	большие
потенциально экономические	забалансовые	опытно-промышленные	узкая	малые
возможно экономические	ресурсы	лабораторные	в настоящее время нет	нет

На перспективных объектах проводится **экономическая оценка** проектов по разработке месторождений. Экономическая оценка необходима уже 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 (табл. 12).

**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, эксплуатационная разведка
Оценка	General exploration общие исследования	Месторождение	Оценка целесообразности освоения
Поиски	Prospecting поиски	Перспективная зона, структура, район	Выявление месторождений
Региональное изучение недр	Reconnaissance рекогносцировка	Геологические области, районы (в листах топокарт)	Выявление перспективных зон, структур, районов. Системное геологическое изучение и составление карт

Основными экономическими показателями, используемыми при экономической оценке месторождений, являются: норма дисконтирования, чистый дисконтированный доход от эксплуатации (ЧДД) или ожидаемый интегральный эффект, индекс доходности (ИД), внутренняя норма доходности (ВНД), срок окупаемости инвестиций и др. [9, 10].

Цены на получаемую продукцию (первичные или черновые металлы) определяются, исходя из соответствующих прогнозируемых или реальных оптовых цен внутреннего и мирового рынка. Расчетная цена определяется путем умножения базисной цены на дефлятор (индекс инфляции), а прогнозная цена — умножением базисной цены на прогнозный коэффициент изменения цены в определенный t -й год.

$$C_t = C_0 \times I_t, \quad (7)$$

где C_t — расчетная или прогнозная цена на металл в t -м году;

C_0 — базовая цена на металл;

I_t — индекс инфляции или прогнозный коэффициент в t -м году.

Размер капиталовложений определяется прямым расчетом. Затраты по проекту и амортизация определяются по нормативным документам. Валовая прибыль определяется как разность между выручкой от реализации продукции и себестоимостью производства и реализации этой продукции. Прибыль от реализации продукции по проекту определяется как валовая прибыль минус управленческие и коммерческие расходы. Величина выручки (В) определяется:

$$B = A \cdot (K_1 \cdot C_1 + K_2 \cdot C_2 + \dots + K_n \cdot C_n), \quad (8)$$

где А — годовое производство товаров (шт., кг или т);

K_1 — K_n — коэффициенты выхода или годности товаров (доли ед.);

C_1 — C_n — цены на товары (шт., кг или т).

Прибыль до налогообложения определяется с учетом возможных прочих доходов, а также и прочих расходов по проекту. Чистая прибыль ($\Pi_{\text{ч}}$) определяется с учетом налогов и сборов, взимаемых из прибыли предприятия до налогообложения (налог на прибыль, налог на имущество, штрафы, пени). При этом чистая прибыль рассчитывается без учета и с учетом амортизации.

Затем анализируются денежные потоки.

Суммарная величина денежных потоков ($A_{\text{дп}}$) за период времени t , приведенная к начальному моменту времени дисконтированный денежный поток при относительном равенстве годовых денежных потоков определяется по формуле Меркилла:

$$\sum D_{\text{д.п.}} = D_{\text{Г}} \cdot [(1 + E)^t - 1] / (1 + E)^t \cdot E, \quad (9)$$

где $A_{\text{Г}}$ — среднегодовая величина денежного потока за t лет, приведенных к его величине в 0-м году.

Выражение в квадратных скобках (44) называется коэффициентом Инвуда или коэффициентом аннуитета. Кроме того, стоимость месторождения (NPV) упрощенно рассчитывается при а) ежегодно меняющейся прибыли и б) постоянной ежегодной прибыли как:

$$a) NPV = A_t / (1 + r)^t - J, \quad (10)$$

$$б)NVP = [A \cdot (1 - r)' / r \cdot (1 + r)'] - J,$$

где: A и A_t — среднегодовая прибыль и прибыль t -го года, тыс. руб.;

J — объем необходимых капиталовложений, тыс. руб.

При значительной разнице величины годовых денежных потоков применяется коэффициент дисконтирования (q), определяемый по формуле:

$$q = 1 / (1 + E)', \quad (11)$$

где E — норма дисконта, которая определяется суммированием процентной ставки (определяемой условиями процентных выплат), величины инфляции и величины инвестиционных рисков; при базовой оценке величина E принимается равной 10%, при коммерческой — не ниже 15%; t — номер расчетного года.

В настоящее время применяют конкретные нормы дисконта инвестиционных проектов. Например, для проектов, разрабатываемых с целью увеличения доходов предприятия, рекомендуется норма дисконта — 20%, для новых проектов на стабильном рынке — 20%, для проектов, базирующихся на новых технологиях — 24%, для рискованных капиталовложений — 25%.

Чистый дисконтированный доход (net present value) определяется как:

$$ЧДД(NPV) = \sum_t^T \left[(B_t - Z_t) \times \frac{1}{(1 + E)^t} \right] - \sum_t^T \frac{K_t}{(1 + E)^t}, \quad (12)$$

где B_t — выручка в t -м году, тыс. руб.;

Z_t — производственные затраты в t -м году, тыс. руб.;

K_t — капитальные затраты в t -м году, тыс. руб.;

T — период эксплуатации месторождения, лет.

Если ЧДД положителен, освоение месторождения эффективно.

Индекс доходности (profitable index) показывает, во сколько раз приведенные доходы превышают приведенные капитальные вложения, то есть предыдущая формула преобразуется в деление. ИД должен быть, по крайней мере, > 1 . Далее определяют срок окупаемости капитальных вложений — временной интер-

вал, в течение 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. Освоение месторождения считается эффективным, если $ВНД > E$, где E — принятая в расчете норма дисконтирования прибыли.

Показатели экономической эффективности освоения месторождений в коммерческом варианте остаются теми же, что и в базовом варианте. Изменения касаются учета существующих налогов, платежей и отчислений, входящих в себестоимость, прибыль и относимых на финансовый результат.

Также определяются: рентабельность проекта (отношение прибыли к затратам или к выручке), с учетом возможного изменения выручки и затрат оценивается степень устойчивости проекта (порог рентабельности, анализ риска проекта по трем вариантам и т. д.).

Глава 10. Экология и рациональное использование недр

10.1. Основы рационального недропользования

Под рациональным использованием недр понимают систему мероприятий научного, производственно-технического и организационного характера, обеспечивающую экономически обоснованное, максимально полное и комплексное использование ресурсов недр для удовлетворения потребностей общества. Рациональное использование недр решается в следующих направлениях [7, 10]:

- геологическое;
- технологическое;
- горнотехническое;
- экономическое;
- организационное.

Геологическое направление предполагает следующие мероприятия:

- полноту изучения недр;
- проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего надежную геологическую оценку запасов полезных ископаемых или полезных свойств недр;

- государственную экспертизу запасов минерального сырья.

Технологическое направление:

- соблюдение технологии и схем переработки минерального сырья;

- совершенную технологию обогащения минерального сырья;

- утилизацию побочных продуктов и отходов переработки сырья.

Горно-технологическое направление:

- обеспечение технологически и экономически оправданного максимального извлечения из недр запасов сырья, попутных ископаемых и попутных компонентов;

- достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов.

Экономическое направление:

- геолого-экономическую оценку месторождений.

Организационное направление:

- налоговые скидки при освоении низкорентабельных месторождений;

- штрафные налоговые санкции на сверхнормативные потери.

Специфической системой мер, направленных на обеспечение рационального пользования являются антимонопольные требования в соответствии с которыми запрещаются действия органов государственной власти и управления, а также любых хозяйственных субъектов, направлены на:

- ограничение доступа к конкурсу на выдачу лицензий по недропользованию, юридических лиц, вопреки установленным правилам;

- уклонение от предоставления лицензий победителям в конкурсе под различными предлогами;

- замену конкурсов и аукционов прямыми переговорами;

— дискриминацию пользования недр в предоставлении доступа к объектам транспорта и инфраструктуры.

Охрана недр

Под охраной недр понимают систему производственно-технологических, экономических и административных мероприятий, которые обеспечивают соблюдение установленного порядка пользования недрами, при их геологическом изучении, при добыче полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных сооружений и т. д.

Ликвидация и консервация горного производства

Горное производство может быть ликвидировано при следующих обстоятельствах:

— по решению учредителей этой организации, в том числе по истечению срока действия договора;

— по решению суда в случае осуществления деятельности без надлежащей разрешенности, либо деятельности, запрещенной законом, либо в случае неоднократного нарушения закона.

Кроме этих случаев ликвидация горного предприятия может проходить по следующим причинам:

— при полной отработке запасов полезного ископаемого;

— при возникновении непосредственной и неустранимой угрозы жизни людей, работников на горном производстве или проживающих вблизи него;

— при возникновении чрезвычайной ситуации.

При возникновении выше названных причин горное производство может остановиться полностью или частично, т. е. происходит ликвидация или консервация горного производства.

Ликвидация горного производства — комплекс мероприятий направленных на полное и окончательное прекращение работ, а также связанный с проведением рекультивационных мероприятий.

Консервация горного производства — комплекс мероприятий направленных на временное прекращение работ, при условии обеспечения готовности всех объектов в будущем к разработке

месторождений полезных ископаемых, предполагающую долгосрочную сохранность горных выработок.

Безопасность работ при недропользовании

Обеспечение системы безопасности осуществляет Ростехнадзор.

Основными задачами Ростехнадзора являются:

- осуществление государственного регулирования безопасности недропользовательских работ;
- контроль за соблюдением правил, изложенных в документах по безопасности недропользовательских работ;
- установление правил и норм по безопасному ведению работ;
- установление отдельных видов лицензирования недропользовательской деятельности.

Рекультивация нарушенных земель подразделяется по направлениям:

- сельскохозяйственное;
- лесохозяйственное;
- рыбохозяйственное;
- водохозяйственное;
- рекреационное;
- санитарно-гигиеническое;
- строительное.

Выбор направления рекультивации нарушенных земель зависит от природных условий, физико-химических свойств горных пород и отвалов, сроков хранения отвалов. Рекультивация нарушенных земель проводится в 2 этапа:

1. технический этап;
2. биологический этап.

Горно-экологический мониторинг проводится для оценки воздействия горного производства на землю, воду и атмосферу с учетом лимита вредного воздействия. При этом мониторинг предполагает не только контроль за состоянием окружающей природной среды, но и воздействие на производственные процессы для улучшения состояния природной среды.

10.2. Оценка экономического ущерба окружающей природной среде от загрязнения

В соответствии с «Временной типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды», экономический ущерб представляет собой стоимостное выражение негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Он равен сумме затрат на предотвращение воздействия загрязненной окружающей среды на реципиентов и затрат, связанных с воздействием на реципиентов.

При снижении негативного антропогенного и производственного воздействия на окружающую среду достигаются экологические, социальные, экономические результаты. В соответствии с методикой экологический результат природоохранной деятельности выражается в уменьшении выброса вредных веществ в окружающую среду и уровня ее загрязнения, увеличении и улучшении качества пригодных к использованию земельных, лесных, водных ресурсов и атмосферного воздуха. Социальный результат проявляется в улучшении физиологических, культурных, творческих и рекреационных условий жизни человека. Экономический результат выражается в экономии или предотвращении потерь природных ресурсов, живого и овеществленного труда во всех сферах народного хозяйства и личного потребления. В основе оценки экономического ущерба от загрязнения логическая причинно-следственная цепочка: выбросы вредных веществ из источников их образования → концентрация вредных веществ в атмосфере (водоеме) → натуральный ущерб → экономический ущерб.

В общем виде оценка экономического ущерба, причиняемого годовыми выбросами загрязнений в отдельные природные компоненты (атмосфера, водные объекты) от отдельных стационарных источников загрязнения, определяется по формуле [9]:

Оценку ущерба лесному хозяйству, в том числе и от работы горно-геологических предприятий, определяют, исчисляя ущерб от снижения продуктивности лесных насаждений (Y_1) и затраты на восстановление леса Y_2 . Первый параметр равен разности экономических оценок древесных запасов в незагрязненной зоне и в зоне промышленного загрязнения. Первый параметр рассчитывают:

$$Y_1 = \sum ((R_i - R'_i) / t) \cdot S_i, \quad (15)$$

где R_i и R'_i — оценка неповрежденных и поврежденных древостоев, соответственно, руб.;

t — возраст насаждений, лет;

S_i — площадь поврежденных насаждений, га;

Второй параметр рассчитывают по формуле:

$$Y_2 = \sum C_{Bi} \cdot S_{Bi} + \sum R - P, \quad (16)$$

где C_{Bi} — затраты на создание и выращивание 1 га насаждений до их повреждения, руб.;

S_{Bi} — площадь погибших насаждений, нуждающихся в замене, га;

R — потери от снижения защитных функций леса, руб.;

P — выручка от реализации ликвидной древесины, руб.

При этом необходимо учитывать также потери, связанные с развитием эрозионных процессов, ослаблением пылезащитной, водоохраной и санитарно-гигиенической функции леса.

При оценке ущерба, наносимого объектам сельского хозяйства, учитывают их особенности. Суммарный эколого-экономический ущерб рассчитывается по формуле [9]:

$$Y_{\Sigma} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4, \quad (17)$$

где Y_{Σ} — эколого-экономический эффект, наносимый землям сельскохозяйственного назначения, руб.;

Y_1 — ущерб от деградации земель (снижение цены земли), руб.;

Y_2 — затраты на восстановление потерянного почвенного плодородия, руб.;

y_3 — стоимостная оценка недополученной продукции от уменьшения продуктивности земель в результате снижения плодородия, руб.;

y_4 — стоимостная оценка недополученной продукции от снижения продуктивности земель в результате загрязнения окружающей среды, руб.

Размер ущерба от деградации земель рассчитывается по формуле

$$y_1 = n_c \cdot k_o \cdot k_c \cdot k_n, \text{руб./га}, \quad (18)$$

где n_c — норматив стоимости земель, руб./га;

k_o — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территорий (нормативы для экономических районов РФ), доли ед.;

k_c — коэффициент пересчета в зависимости от степени деградации почв и земель, доли ед.;

k_n — повышающий коэффициент к нормативной стоимости земель для особо охраняемых территорий (более 1).

Повышающие коэффициенты к нормативам стоимости имеют следующие значения [9]:

- на земли природно-заповедного фонда — 3;
- на земли природоохранного, оздоровительного и историко-культурного значения — 2;
- на земли рекреационного назначения — 1,5.

Стоимостная оценка недополученной продукции от снижения продуктивности земель рассчитывается по формуле:

$$Y_3 = \Delta y_i \cdot u_i, \quad (19)$$

где Δy_i — величина потерь урожайности i -й сельхозкультуры от снижения продуктивности земель из-за потерь гумуса в почве, засоления почв и других факторов, т/га;

u_i — цена реализации i -го вида сельскохозяйственной продукции, руб./т.

Стоимостная оценка недополученной продукции в результате загрязнения окружающей среды, рассчитывается по аналогичной формуле. В данном случае Δy_i — величина потерь уро-

жайности i -й сельхозкультуры от величины загрязнения атмосферы промышленными выбросами, т/га.

Кадастровая стоимость земельного участка (C_K) определяется по формуле:

$$C_K = П \times (K_H + K_A) \times K_P, \quad (20)$$

где $П$ — площадь земельного участка (m^2);

K_H — коэффициент наличия инфраструктуры (в руб. на m^2);

K_A — коэффициент, учитывающий специфический фактор (в руб. на m^2);

K_P — переходный коэффициент.

Специфический фактор учитывает, где расположен земельный участок. Переходный коэффициент отражает место земельного участка в классификации земель согласно государственной классификации. Кадастровую стоимость сельскохозяйственных угодий, пригодных под пашню, рекомендуется определять методом земельной ренты, как разность между валовым доходом (объем реализованной продукции умноженный на ее цену) и затратами на возделывание и уборку сельскохозяйственной продукции.

Определение платы за загрязнение окружающей среды напрямую зависит от расчета экономического ущерба. Плата подразделяется на 2 вида — плату за допустимые выбросы и плату за выбросы, превышающие допустимые ПДК и ПДВ. Например, плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от загрязняющих источников определяется по формуле

$$П_H = \sum y_i \cdot T_i, \quad (21)$$

где $П_H$ — плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, руб.;

l — вид топлива;

y_l — удельная плата за допустимые выбросы от l -вида топлива, руб./т;

T_l — количество l -топлива, израсходованного за определенный период времени, т.

Плата за превышение допустимых выбросов $П'_H$, руб., рассчитывается с учетом повышающего коэффициента [9]:

$$P_{H^*} = 5 \cdot \sum P_{HJ} \cdot d_j, \quad (22)$$

где P_{HJ} — плата за допустимые выбросы J-го объекта, руб.;

d_j — доля объектов, не отвечающих требованиям стандартов, штг.

Плата за размещение отходов в пределах лимитов определяется следующим образом:

$$P_{\text{лим.отх.}} = \sum C_{\text{лим.отх.}} \cdot M_{i.\text{отх.}} \cdot K_{\text{экол.}} \cdot K_{\text{инд.}} \cdot K_{\text{м.р.}}, \quad (23)$$

где $P_{\text{лим.отх.}}$ — плата за размещение отходов, руб.;

$C_{\text{лим.отх.}}$ — норматив платы за единицу отходов, руб./т;

$M_{i.\text{отх.}}$ — фактический объем отходов, т;

$K_{\text{экол.}}$ — коэффициент, учитывающий экологический фактор в конкретном регионе, доли ед.;

$K_{\text{инд.}}$ — коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду, доли ед.;

$K_{\text{м.р.}}$ — коэффициент, учитывающий место размещения отходов, доли ед.

При превышении лимитов на размещение отходов ($M_{i.\text{отх.}} < M_{\text{лим.отх.}}$) плата за сверхлимитное размещение отходов ($P_{\text{слим.отх.}}$) рассчитывается следующим образом:

$$P_{\text{слим.отх.}} = 5 \cdot \sum C_{\text{лим.отх.}} \cdot (M_{i.\text{отх.}} - M_{\text{лим.отх.}}) \cdot K_{\text{экол.}} \cdot K_{\text{инд.}} \cdot (24)$$

Таким образом, полная плата за размещение отходов ($P_{\text{отх.}}$) определится следующим образом:

$$P_{\text{отх.}} = P_{\text{лим.отх.}} + P_{\text{слим.отх.}} \cdot (25)$$

10.3. Экономический эффект от проведения природоохранных мероприятий

Оценка экономического эффекта от природоохранных мероприятий определяется как сумма экологического и социального эффектов. При этом долгосрочная экономическая эффективность ($\mathcal{E}_{\text{эф}}$) от предотвращенного ущерба определяется следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \sum (Y_{np} - C) / (C + E \cdot K), \quad (26)$$

где $Y_{\text{гпр}}$ — величина предотвращенного ущерба в течение года, руб.;

C — текущие затраты на проведение мероприятий в течение года, руб., тогда экологический эффект —

$$\mathcal{E}_{\text{экол.}} = Y_{\text{гпр}} - C - (E \times K);$$

E — коэффициент эффективности капитальных вложений за период времени T лет ($E = 1/T$), доли ед.;

K — капитальные вложения за T лет, определившие эффект, руб.

Долгосрочная экономическая эффективность от снижения отрицательного воздействия на окружающую среду рассчитывается как:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \sum (\Delta B - C) / (C + E \cdot K), \quad (27)$$

где ΔB — снижение показателя отрицательного воздействия на среду (например, предельно допустимой концентрации вредных веществ в атмосфере или в воде), руб., тогда экологический эффект — $\mathcal{E}_{\text{экол.}} = \Delta B - C - (E \times K)$.

Социальный эффект характеризуется следующими показателями [9]:

— эффектом от предотвращения потерь чистой продукции вследствие заболеваемости из-за загрязнения среды:

$$\mathcal{E}_{\text{ч.п.}} = B_B \cdot P_{\text{ч}} \cdot (P_2 - P_1), \quad (28)$$

где B_B — число работающих, отвлеченных от производства по болезни или уходу за больными, чел.;

$P_{\text{ч}}$ — чистая продукция на один человеко-день работы, шт.;

P_1 и P_2 — трудоемкость одного работающего до и после проведения мероприятия, чел.-дни;

— эффектом от сокращения выплат из фонда социального страхования в результате тех же причин:

$$\mathcal{E}_C = B_3 \cdot B_{\text{п}} \cdot (P_2 - P_1), \quad (30)$$

где B_3 — число работающих, получающих пособия вследствие заболеваемости из-за загрязнения среды, чел.;

$B_{\text{п}}$ — средний размер пособия, руб..

— экономическими эффектами от улучшения использования трудовых ресурсов, материалов и оборудования (так называемым хозрасчетным эффектом):

$$\mathcal{E}_x = (L_1 - L_2) + \Phi \cdot K_p \cdot (T_2 - T_1), \quad (30)$$

где L_1 и L_2 — затраты на ремонт оборудования до и после проведения природоохранных мероприятий, руб.;

Φ — среднегодовая стоимость оборудования, руб.;

K_p — коэффициент годовой рентабельности основных фондов, доли ед.;

T_1 и T_2 — продолжительность службы оборудования до и после проведения природоохранных мероприятий, лет.

Социальный эффект, образующийся вследствие увеличения занятости населения, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{зан.} = \mathcal{C}_{р.м.} \cdot \Pi_б \cdot M, \quad (31)$$

где $\mathcal{C}_{р.м.}$ — количество новых рабочих мест по проекту, шт.;

$\Pi_б$ — величина месячного пособия по безработице, руб.;

M — число месяцев выплаты пособия по безработице.

Определяется также демографический показатель социальной оценки освоения техногенных месторождений [9]:

$$\mathcal{E}_{дем.} = \Delta t_{ж} \cdot v_t \cdot A_{пр} \cdot N, \quad (32)$$

где $\Delta t_{ж}$ — увеличение продолжительности жизни населения, обусловленное улучшением экологической ситуации в регионе, лет;

v_t — коэффициент, учитывающий влияние техногенного объекта на экологическую ситуацию в регионе, доли ед.;

$A_{пр}$ — производительный потенциал жизнедеятельности человека в рассматриваемом регионе, руб./чел. год (валовой годовой продукт региона / численность работающих в сфере производства и услуг);

N — численность населения пенсионного возраста, работающего в сфере производства и услуг, чел.

Для оценки общего экономического эффекта от природоохранных мероприятий, величины достигнутых на изучаемой территории экологических и социальных эффектов суммируются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии «Разведка и разработка полезных ископаемых» рассмотрены следующие темы: основные тенденции развития и направления использования минеральных ресурсов в мире и России; характеристика месторождений полезных ископаемых; стадийность, виды и методы геологоразведочных работ; основные сведения о подземной разработке месторождений полезных ископаемых; основные сведения о технологии подземной добычи угля; основные сведения об открытой разработке месторождений полезных ископаемых; качество и технологии получения минерального сырья; характеристика углей и их обогащение; экономическая оценка проектов по разработке месторождений полезных ископаемых; экология и рациональное использование недр.

В работе анализируются современные тенденции развития минерально-сырьевой базы в мире и России, оценивается значение геологоразведочной службы и горной промышленности для укрепления экономики страны, дана характеристика основных типов месторождений полезных ископаемых и основных видов минерального сырья. Рассмотрены порядок проведения, виды и методы геологоразведочных работ, способы открытой и подземной добычи полезных ископаемых, методы обогащения минерального сырья. Кроме того, рассматриваются методы экономической оценки проектов по разработке месторождений полезных ископаемых, методы оценки экономического ущерба от нерационального недропользования, а также используемые методы оценки социально-экологического эффекта после проведения природоохранных и рекультивационных мероприятий.

Таким образом, изложенный в учебном пособии материал позволяет в достаточной мере ознакомиться с основными проблемами дисциплины «Разведка и разработка полезных ископаемых», как отрасли науки и как сферы производственной деятельности.

Учебное пособие предназначено для будущих бакалавров в области геоэкологии, которые будут работать на предприятиях и в организациях различных отраслей промышленности.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ, ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

Темы рефератов

1. Развитие горного производства в мире и в России.
2. Горная промышленность России.
3. Угольная промышленность России.
4. Угольная промышленность Кузбасса.
5. Применение буро-взрывных работ при добыче полезных ископаемых.
6. Экология горного производства.
7. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых.
8. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых.
9. Технологии металлургического производства.
10. Технологии добычи нефти и природного газа.
11. Технологии добычи нерудных полезных ископаемых.
12. Виды горнодобывающих предприятий.
13. Комплексное использование минерального сырья.
14. Методы обогащения полезных ископаемых.
15. Скважинные геотехнологии.
16. Морской горный промысел.

Контрольные вопросы по темам семинарских занятий

Тема 1. Основные цели и задачи дисциплины «Разведка и разработка полезных ископаемых»

1. Каковы основные цели и задачи дисциплины «Разведка и разработка полезных ископаемых»?
2. Охарактеризуйте основные тенденции развития горной промышленности в мире.
3. Какое место занимает Россия в мировой добыче полезных ископаемых?
4. Каково значение горной промышленности для экономики России?

Тема 2. Характеристика месторождений полезных ископаемых

1. Приведите классификации минералов и горных пород.
2. Дайте характеристику промышленной классификации месторождений полезных ископаемых.
3. Как определяются кондиции на минеральное сырье?
4. Дайте характеристику классификации месторождений полезных ископаемых по степени сложности их строения.

Тема 3. Виды, методы и этапы геологоразведочных работ

1. Какова стадийность проведения геологоразведочных работ?
2. Что включают геофизические исследования месторождений полезных ископаемых?
3. Что включают аналитические исследования месторождений полезных ископаемых?
4. Что включают геохимические исследования месторождений полезных ископаемых?
5. Какими способами проводится оценка запасов и прогнозных ресурсов минерального сырья?

Тема 4. Основные сведения о подземной разработке месторождений полезных ископаемых

1. Дайте характеристику вертикальным горным выработкам.
2. Дайте характеристику горизонтальным горным выработкам.
3. Дайте характеристику наклонным горным выработкам.
4. Дайте характеристику системам разработки месторождений.

Тема 5. Основные сведения о технологии подземной добычи угля

1. Перечислите основные элементы шахтного поля
2. Как проводится движение запасов углей на шахтах?
3. Как оцениваются потери угля на шахтах?
4. Какие методы нормирования потерь угля применяются на шахтах?

Тема 6. Основные сведения об открытой разработке месторождений полезных ископаемых

1. Как проводятся вскрышные работы?
2. Как проводятся горно-капитальные работы?
3. Как проводятся эксплуатационные горные работы?
4. Охарактеризуйте технологии открытой разработки месторождений

Тема 7. Технологии получения минерального сырья

1. Как проводится первичная переработка минерального сырья?
2. Охарактеризуйте методы обогащения минерального сырья.
3. Как проводится оценка целесообразности извлечения побочных компонентов?

Тема 8. Обогащение углей

1. Дайте характеристику видам углей.
2. Дайте характеристику физических свойств углей.
3. Дайте характеристику методам обогащения углей.
4. Дайте характеристику показателям обогащения углей.

Тема 9. Экономическая оценка месторождений полезных ископаемых

1. Охарактеризуйте показатели разработки месторождений.
2. Дайте характеристику параметрам геолого-экономической оценки месторождений.
3. Какими способами проводится оценка экономической эффективности проектов по эксплуатации месторождений

Тема 10. Экология и рациональное использование недр

1. Каковы основные правила и порядок проведения мероприятий по охране недр, рекультивации нарушенных земель?
2. Как обеспечивается безопасность проведения горных работ?
3. Каков порядок горно-экологического мониторинга?
4. Как проводится консервация и ликвидация горных предприятий?

Вопросы к зачету

1. Роль горной промышленности в экономике России
2. Кондиции на минеральное сырье
3. Генетическая классификация полезных ископаемых.
4. Промышленная классификация полезных ископаемых.
5. Классификация угольных пластов по мощности и по углам падения
6. Классификация угольных месторождений по степени сложности
7. Стадийность проведения геологоразведочных работ
8. Геофизические исследования
9. Геохимические исследования
10. Аналитические исследования
11. Формы и размеры поперечного сечения горных выработок
12. Крезь горных выработок и условия ее применения
13. Буро-взрывной способ проведения горных выработок
14. Комбайновый способ проведения горных выработок
15. Особенности проведения наклонных и вертикальных горных выработок
16. Основные процессы при подземной разработке рудных месторождений
17. Угольная шахта — основные характеристики
18. Запасы и потери угля в шахтном поле
19. Основные элементы шахтного поля
20. Виды горных выработок
21. Основные схемы вскрытия шахтных полей
22. Этапы и порядок проведения открытых горных работ
23. Методы обогащения минерального сырья
24. Оценка качества рудного минерального сырья
25. Продукты, получаемые при коксовании углей и их использование
26. Оценка ущерба природной среде

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдонин В. В. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых [Текст] : учебник для вузов / В. В. Авдонин [и др.] ; под ред. В. В. Авдонина. — Академический проект «Фонд и Мир», 2007. — 540 с.
2. Коробейников А. Ф. Геология. Прогнозирование и поиск месторождений полезных ископаемых [Электронный ресурс] : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Ф. Коробейников. — 2-е изд., испр. и доп. — Электронные текстовые данные. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 254 с. — [Университеты России]. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/FF44F535-EBFF-4634-A5B8-4CF5514B6EAE>
3. Короновский Н. В. Геология для горного дела [Текст] : учебное пособие / Н. В. Короновский, В. И. Старостин, В. В. Авдонин. — 2-е изд. — М. : НИЦ ИНФРА-М, 2016. — 576 с.
4. Макаров В. А. Основы поисков и разведки месторождений [Текст] : учебное пособие / В. А. Макаров, Т. П. Стримжа ; ФГБОУ ВПО СФУ ИГДГиГ. — Красноярск, 2008. — 93 с.
5. Милаутин А. Г. Разведка и геолого-экономическая оценка полезных ископаемых [Электронный ресурс] : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Г. Милаутин. — Электронные текстовые данные. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 120 с. — (Бакалавр. Академический курс). — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/2161602D-70D7-4183-87E2-7C951A4647E8>
6. О минерально-сырьевых ресурсах и состоянии геологической отрасли страны [Электронный ресурс] // В. Старостин, В. Трофимов, Д. Пушаровский; журнал «Золотой лев» — № 71–72. — URL: [http // www.zlev.ru/71_12.htm](http://www.zlev.ru/71_12.htm) (дата обращения 29.05.2017).
7. Основы горного дела. Учебник для вузов / П. В. Егоров, Е. А. Бобер и др. — М. : Изд-во МГУ, 2002. — 405 с.
8. Пучков А. А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых [Текст] : учебник для вузов / А. А. Пучков, Ю. А. Жежелевский. — М. : «Горная Книга», 2013. — 720 с.
9. Салихов, В. А. Экономика природопользования [Текст] : учебное пособие / В. А. Салихов ; НФИ КемГУ. — 2-е изд., перераб. и доп. — Новокузнецк, 2014. — 167 с.

10. Экономические и правовые основы природопользования [Текст] : учебное пособие / Астахов А. С. [и др.] / под ред. В. А. Харченко. — М. : Изд-во Московского государственного горного университета, 2009. — 527 с.
11. Шпайхер Е. Д., Салихов В. А. Геолого-разведочные работы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых / СибГИУ. — Новокузнецк, 2003. — 311 с.
12. Шпайхер Е. Д., Салихов В. А. Месторождения полезных ископаемых и их разведка / СибГИУ. — Новокузнецк, 2003. — 239 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

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 благородных металлов.

Черные металлы

Железо

Общие сведения и применение.

Железо — серебристо-серый пластичный металл. Железные руды являются исходным сырьем для получения чугуна (с содержанием 2,5–4% С и более), стали (1,5–0,2% С), железа (0,2–0,04% С) и сталистого чугуна (2,5–1,5% С). Около 90% чугуна является «передельным» и переплавляется в сталь. Добавка марганца, ванадия, хрома, никеля, кобальта, вольфрама, молибдена, ниобия и др. существенно улучшает качество сталей, повышает их механическую прочность, крепость, вязкость, антикоррозионные свойства, кислотоупорность, жаростойкость и т. д.

Запасы и добыча.

Общие ресурсы железных руд составляют 350 млрд т, разведанные запасы на 2007 г. оцениваются в 242 млрд т. В СНГ сосредоточено около 1/3 общих и разведанных мировых запасов руд. За рубежом основные запасы железных руд приходятся на КНР, Бразилию, Австралию, Канаду, Индию и США. Россия по разведанным запасам занимает первое место в мире (100 млрд т), но доля богатых руд составляет всего 9%. Основные запасы руд сосредоточены в Центральных районах, на Урале. Районы Сибири и Дальнего Востока обеспечены разведанными запасами недостаточно. Мировая добыча товарных железных руд составляет около 2 млрд т, добыча в РФ — со-

ставляет 100 млн т. Цена 1 т железной руды ($\text{Fe} \geq 65\%$) колеблется в настоящее время около 60\$.

Геохимия и минералогия.

Среднее содержание (кларк) железа в земной коре — 4,65%. Повышенные концентрации наблюдаются в ультраосновных, основных и средних магматических, а также в метаморфических породах. Известно более 450 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 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (48–63%), сидерит FeCO_3 (48,3%).

Типы руд и кондиции.

В зависимости от основного рудообразующего минерала, определяющего технологические свойства сырья, промышленные железные руды разделяются на следующие типы: магнетитовые (мартитовые и полумартитовые); титаномagnetитовые; гематитовые и гидрогематитовые; бурожелезняковые; сидеритовые; железисто-хлоритовые (силикатные).

Минимальное содержание железа в рудах, пригодных для непосредственной плавки в домнах, 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%.

Типы промышленных месторождений.

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

Осадочные месторождения железных руд имеют важное промышленное значение (30% мировой добычи). Месторождения являются весьма крупными объектами и залегают среди песчано-глинистых прибрежных осадков в геосинклинальных зонах, краевых прогибах и на платформах. Руды оолитовые, по составу гематитовые, гидрогетитовые 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 Айтское (Казахстан). Из зарубежных объектов необходимо назвать Лотарингский бассейн в Европе (запасы 15 млрд т), месторождения Канады и Австралии.

Керченский железорудный бассейн занимает площадь более 250 кв. км. Рудные залежи приурочены к мульдам и прогибам, где подстилаются известняками и глинами, а перекрываются глинами с примесью песчанистого и алевроитового материала. Мощность рудных пластов в центральных частях 25–40 м, на флангах снижается до 0,5 м. Глубина залегания от 0 до 250 м. Запасы руд бассейна оцениваются в 1,7 млрд т.

Метаморфогенные месторождения, составляющие подавляющую массу мировых запасов и до 60% мировой добычи, представлены докембрийскими толщами железистых кварцитов. Железистые кварциты по минеральному составу, степени метаморфизма и текстурным особенностям подразделяются на джеспилиты, роговики и такониты. Главными минералами являются кварц, магнетит, гематит, амфиболы, пироксены, хлорит, биотит. Содержание железа изменяется в пределах 20–45%; характерны низкие содержания серы и фосфора, хорошая обогащаемость руд. Запасы железистых кварцитов на месторождениях составляют десятки миллиардов тонн.

Метаморфогенные железорудные месторождения в России находятся на Кольском полуострове и в Карелии (Оленегорское, Костамукшское), в бассейне КМА (Коробковское, Лебединское, Стойленское, Михайловское, Яковлевское и др.),

в Криворожском железорудном бассейне. За рубежом месторождения этого типа широко распространены в Канаде (Лабрадор), Индии (Бихар, Орисса), Либерии (Нимба), ЮАР, Австралии (Хамерсли).

Железорудный бассейн **Курской магнитной аномалии** (КМА) площадью 70 тыс. кв. км сложен комплексом интенсивно дислоцированных и метаморфизованных пород докембрия (кристаллические сланцы, гнейсы, железистые кварциты), который перекрыт горизонтальной залегающей осадочной толщей (глины, известняки, пески, песчаники). Мощность осадочных пород колеблется от 35–180 до 600 м. Железистые кварциты КМА по составу и текстурам близки криворожским кварцитам.

Они залегают в виде мощных пластов и представлены магнетитовыми и железнослюдовыми разностями кварцитов. Среднее содержание железа составляет 32–36%.

Богатые руды КМА представлены преимущественно мартитовыми, сидерит-мартитовыми и железнослюдовыми (гематитовыми) рудами, залегающими на железистых кварцитах в виде крупных линз и пластообразных тел. Залежи имеют протяженность от 3,5 до 30 км при ширине от 100 до 3000 м и мощности от 9 до 120 м. Руды отличаются высоким содержанием железа (48–69%), низким содержанием кремнезема, серы и фосфора. Запасы КМА до глубины 600 м оцениваются в 20 млрд т, в т. ч. 6 млрд т богатых железных руд.

Марганец

Общие сведения и применение.

Марганец — серебристо-белый металл. Основная часть (95%) добываемых марганцевых руд используется в черной металлургии в виде ферромарганца и «зеркального чугуна» благодаря свойству марганца придавать стали вязкость, ковкость, твердость, жаростойкость. Кроме того, добавки марганца при плавке руды способствуют более полному удалению вредных примесей в шлаки и более легкому отделению шлаков от металлического расплава. В среднем расход марганца достигает 1% на вес продукции сталелитейной промышленности.

Марганец используется в производстве стекла, керамики, минеральных красителей, диоксида марганца и других химических продуктов.

Запасы и добыча.

Общие мировые ресурсы марганцевых руд — 18 млрд т, в том числе в СНГ — 2,4 млрд т, в ЮАР — 3 млрд т, в Габоне, Австралии, Бразилии, Индии от 200 до 50 млн т. Запасы железомарганцевых конкреций на дне океанов оцениваются в 1,7 млрд т. Разведанные мировые запасы руд — 5,4 млрд т, большая часть которых сосредоточена в СНГ (3,2 млрд т) и Габоне (250 млн т), в ЮАР — более 1 млрд т, Бразилии и Австралии около 190 млн т промышленных запасов. Крупнейшие запасы марганцевых руд находятся на Украине (2284 млн т), Казахстане (405 млн т), в Грузии (214 млн т). В России разведанные запасы составляют 200 млн т. Относительно небольшие месторождения имеются на Урале, в Западной Сибири и на Дальнем Востоке.

Добычу марганцевых руд ведут более 30 стран. Объем мировой добычи в последние годы значительно увеличился и превысил 25 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. В РФ добыча — 10 тыс. т. Стоимость 1 т руды около 200\$, ферромарганца — около 1 000\$.

Геохимия и минералогия.

Кларк марганца — 0,1%. Повышенные содержания его характерны для основных и ультраосновных пород. Коэффициент концентрации высокий (более 300). Марганец содержится в 150 минералах. Промышленными являются: пиролюзит MnO_2 (Mn 55–63%), браунит Mn_2O_3 (60–69%), гаусманит Mn_3O_4 (65–72%), псиломелан $m\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (40–60%), родохрозит MnCO_3 (40–45%).

Типы руд и кондиции.

По минеральному составу выделяют руды оксидные, карбонатные и смешанные.

«Сырые» руды после дробления промываются для освобождения от песчано-глинистых частиц, затем обогащаются. Оксидные 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%).

Типы промышленных месторождений.

Промышленными являются марганцевые месторождения — скарновые, гидротермальные, осадочные, остаточные кор выветривания (Индия, Бразилия и др.) и метаморфогенные.

Осадочные месторождения являются ведущими для России и стран СНГ. Они концентрируют более 80% мировых запасов марганцевых руд на континентах. Руды приурочены к горизонтам кремнистых, песчано-глинистых и карбонатных пород. Пластовые залежи руд имеют почти горизонтальное залегание, выдержанную мощность и относительно равномерный состав. Характерно для всех месторождений данного типа проявление зональности качественного состава руд, определяемой изменениями условий отложения марганценосных осадков в морских бассейнах. Содержание марганца в рудах — 20–40%, масштаб запасов отдельных месторождений — сотни миллионов тонн руды. Наиболее крупными месторождениями осадочного типа являются Никопольское и Больше-Токмакское на Украине, Чиатурское в Грузии, в Габоне (Моанда), ЮАР.

В **Никопольском бассейне** пласт марганцевой руды мощностью от 1,5 до 6 м залегает в песчано-глинистых осадках с пологим (5–7 градусов) падением на юг. Глубина залегания от 15 до 80 м. В пределах пласта на площади выделяются зоны оксидных, оксидно-карбонатных и карбонатных марганцевых руд. Содержание марганца — от 15–25 до 35%.

Вмещающие породы **Чиатурского месторождения** представлены горизонтально залегающими песчано-глинистыми отложениями и известняками. Марганценосный горизонт

представлен переслаиванием рудных пластов мощностью до 0,5 м с прослоями (до 1 м) песков и глин. Общая мощность горизонта достигает 14 м, в среднем — 4 м, число рудных пластов изменяется от 3 до 25. На месторождении выделены первично-оксидные (45% запасов), карбонатные (40%) и окисленные (15%) руды. В первичнооксидных рудах (пиролюзитовых, марганитовых и псиломелановых) содержание марганца — 45–52%, в карбонатных — 10–30%, в окисленных — 30–35%. Наибольшее промышленное значение имеют оксидные пиролюзитовые руды.

Огромные запасы марганцевых руд сосредоточены в железомарганцевых конкрециях дна Тихого, Атлантического и Индийского океанов. В составе конкреций (%): марганец — 25–30, железо — 10–12, никель — 1–2, кобальт — 0,3–1,5, медь — 1–1,5.

Общие сведения и применение.

Хром — пластичный металл голубовато-серебристого цвета. Основными потребителями хрома являются металлургия (65% добычи), огнеупорная (18%) и химическая (17%) промышленность. Добавка феррохрома к сталям повышает их вязкость, твердость и антикоррозионные свойства. Хромит используется в качестве огнеупорного материала для обкладки (футеровки) мартенов и печей для выплавки цветных металлов. В химической промышленности хромит применяют для производства красок и дубителей кож.

Запасы и добыча.

Разведанные запасы хромовых руд составляют (на 2007 г.) около 2 750 млн т, основные из них сосредоточены в ЮАР (1050 млн т) и Зимбабве (550 млн т). В РФ — 50 млн т. В других странах (Финляндии, Турции, Индии, Бразилии) запасы руд ограничены. Мировое производство товарных руд составляет более 20 млн т. В России добывается около 500 тыс. т. Стоимость 1 т товарной хромовой руды достигает 200\$ и более.

СНГ занимает первое место в мире по запасам и добыче хромитов. Основные месторождения расположены в пределах

хромитоносного пояса Урала. 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.

Геохимия и минералогия.

Кларк хрома — 0,0083%. Повышенные содержания характерны для ультраосновных и основных пород. Хром входит в состав 25 минералов. Промышленными являются хромиты с общей формулой $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{O}^*(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3$ и изменчивыми содержаниями (в%) 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 хромшпикотит и алюмохромит.

Типы руд и кондиции.

Хромовые руды — единственный промышленный тип руд — 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% хрома, фосфора — не более 0,07%, серы — не выше 0,05%; отношение Cr_2O_3 : 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%.

Типы промышленных месторождений.

Среди месторождений хромитов выделяют типы: раннемагматические, позднемагматические и россышные (несущественные).

Раннемагматические месторождения образованы пластообразными телами хромитовых руд в расслоенных интрузивных массивах ультраосновных пород. Уникальными по запасам (по 500 млн т) являются Бушвельдский массив в ЮАР и месторождение 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. Протяженность линз — 20–30 м, крупных залежей до — 400–500 м. Мощность рудных тел колеблется от нескольких до десятков метров. Контакты рудных тел с вмещающими породами — постепенные или резкие. Текстуры руд — массивные и вкрапленные. Содержание Cr_2O_3 в массивных рудах — 35–52%, во вкрапленных — 5–30%. Запасы руд на месторождениях — десятки миллионов тонн. Позднемагматические месторождения распространены на Урале (Кемпирсайское и Сарановское) и на Кавказе (Шоржинское). Известны месторождения за рубежом: в Албании, Греции, Югославии, Турции, Индии, Кубе.

Цветные металлы

Алюминий

Общие сведения и применение.

Алюминий — серебристо-белый металл с плотностью — 2,7, температурой плавления — 660°C, обладает высокой электропроводностью и химической стойкостью. Впервые был получен из бокситов в 1825 г., широкое применение приобрел в XX веке. Алюминий и его сплавы используются в самолетостроении, судостроении, электротехнике, металлургии (алюмотермия), производстве предметов домашнего обихода.

Запасы и добыча.

Основным минеральным сырьем для получения алюминия служат бокситы. Мировые запасы бокситов более 40 млрд т, а 60% от их мировой добычи (194 млн т в 2007 г.) обеспечивали Австралия, Гвинея и Ямайка. РФ находится на 6 месте по запасам и добыче бокситов. Производство первичного алюминия в 2007 г. составило 37,4 млн т, а в 2013 г. — 49,7 млн т. Потребление алюминия с середины 90-х гг. XX века превышает 20 млн т.

В 2009 г. на мировом рынке алюминия отмечен профицит, равный 1 901 тыс. т, а в 2010 г. произошло снижение профицита этого металла до 577 тыс. т. Основные потребители — США (25%), Китай (15%), Япония (9%), Германия (7%). Китай производит более 15% от общемирового объема. Главные экспортеры: Россия — (20%), Канада — 13% (производство алюминия из импортного сырья), Австралия (10%), Бразилия (4%); импортеры — США (24%), Ирландия (11%). Цены в 1995–2001 гг. составляли — 1,3–2 \$/кг, а в 2007–2008 гг. — 2,5–2,9 \$/кг (2,1 \$/кг в октябре 2017 года по данным Лондонской биржи металлов (ЛБМ)).

Геохимия и минералогия.

Кларк алюминия — 8,05%, это наиболее распространенный в природе металл. Известно около 250 минералов, содержащих алюминий. Промышленное значение имеют: боксит (порода, состоящая из бемита, диаспора и гиббсита) — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ — 64–85% (Al_2O_3) и нефелин NaAlSiO_4 — 34% Al_2O_3 .

Типы руд и кондиции.

Алюминиевые руды разнообразны, но главное промышленное значение имеют бокситы — породы, состоящие из гидроксидов алюминия, железа, глинистых минералов и кремнезема. По преобладающему минералу различают бокситы бемитовые, диаспоровые, гиббситовые и комплексные. По текстуре они делятся на каменные, рыхлые, оолитовые, бобовые, брекчиевидные, яшмовидные. Из бокситов сравнительно легко получается чистый глинозем, из которого извлекается металлический алюминий. Требования промышленности, предъявляемые к бокситам: содержание оксида алюминия не менее 45%, кремниевый модуль (отношение Al_2O_3 к SiO_2) — не менее 2,6.

Кроме бокситов в качестве сырья для получения глинозема и алюминия используются нефелиновые породы. Для высокоглиноземистых нефелиновых пород (уртитов) содержание Al_2O_3 не менее 25–27%, сумма щелочей — 10–12%, вредными являются оксид железа, кремнезем и окись марганца. Ценность

нефелинового сырья определяется его комплексностью: кроме глинозема получают содопродукты, цемент, некоторые редкие и рассеянные элементы.

Типы промышленных месторождений.

Основными типами промышленных месторождений являются магматические и осадочные.

Магматические месторождения представлены массивами щелочных пород (ийолитов, уртитов и др.). Наиболее крупное месторождение уртитов — Кия-Шалтырское, расположено в Кемеровской области, также известны месторождения аналогичного генезиса в Красноярском крае (Горячегорское), в Хибинах, в Закавказье (Тежсарское). Главный минерал алюминия — нефелин. Запасы руд — огромные, но сложна и сравнительно дорогостояща их переработка.

Осадочные месторождения разделяют на два подтипа:

1. Геосинклинальные месторождения бокситов связаны с прибрежными морскими осадками и залегают в мощных толщах карбонатных пород. Как правило, в основании рудного горизонта залегают рифогенные известняки, перекрываются бокситы темноцветными органогенными известняками. Поверхность подстилающих известняков неровная, закарстованная. Форма рудных тел — пластообразная. Бокситы красные, иногда яшмовидные, верхние части пластов зеленой и серой окраски. Мощность бокситовых горизонтов до 5–10 м, редко 30 м. Минеральный состав — диаспор, бемит, гидраргиллит. Месторождения этого подтипа имеют исключительно важное значение (Урал — Красная Шапочка), Салаир, Боксонское в Восточных Саянах. За рубежом — месторождения Франции, Венгрии, острова Ямайка.

На Урале (месторождение Красная Шапочка) рудные залежи в форме пластов залегают на неровной поверхности известняков силура и перекрыты темноокрашенными известняками девона. В рудных телах выделяются: серо-зеленые бокситы — 0,5 м, красные бокситы — 4,5 м, рудная брекчия — 2 м. Главное значение имеют красные бокситы. В бокситах присутствуют

кальцит, сидерит, каолинит, гипс, сульфиды. Красные бокситы содержат: Al_2O_3 — 58,4%, Fe_2O_3 — 24,03%, FeO — 0,41%, SiO_2 — 1,46%.

По условиям образования месторождения Северного Урала являются морскими прибрежными осадочными образованиями геосинклинального типа.

2. 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 (рис. 13), Амангельдинское в Казахстане.

Медь

Общие сведения и применение.

Медь — металл красно-бурого цвета с удельным весом 8,95, температура плавления — 1083°C , обладающий высокой ковкостью, электропроводностью и теплопроводностью, стойкостью в отношении коррозии. Медь является первым металлом, который начал применять человек еще 4500 лет до н. э. Основными потребителями меди являются различные отрасли электротехнической промышленности. Широкое применение она имеет также в химии, изготовлении бытовых предметов, хирургических инструментов и т. д.

Запасы и добыча.

Мировые запасы медных руд оцениваются в 0,89 млрд т. Наибольшие запасы — в Чили, США, Замбии, Конго, Перу и Канаде. На долю этих стран приходится 80% запасов и 75% добычи. Запасы РФ составляют 4% от мировых и 53% — от запасов стран СНГ. Мировая добыча меди в 2001 г. превысила 10 млн т, а в 2007 г. — 15 млн т. Мировое производство меди в 2001 г. составило 13,6 млн т, в 2007 г. — 15,8 млн т, а в 2013 г. — 20,6 млн т. Основные потребители — такие развитые страны, как США, Япония, Германия и Китай. На их долю приходится около 50% потребления (потребности каждой из этих

стран превышают 1 млн т). Главные экспортеры — развивающиеся страны, а главные импортеры — развитые. В 2009 г. отмечен профицит мирового рынка меди — 410 тыс. т, а в 2010 г. на мировых рынках отмечен уже дефицит меди в объеме 14 тыс. т. Цены на рафинированную медь в 1995–2001 г. составляли 2–2,5 \$/кг, а в 2007–2008 гг. цены составляли уже 7–8,7 \$/кг (7 \$/кг в октябре 2017 — ЛБМ).

Геохимия и минералогия.

Кларк меди в земной коре — 0,01%, главная масса ее встречается в виде сульфидов. Всего известно 240 медьсодержащих минералов, из них важное промышленное значение имеют:

халькопирит — CuFeS_2 (34%);

халькозин — Cu_2S (80%);

ковеллин — CuS (66,4%);

куприт — Cu_2O (89%).

Типы руд и кондиции.

Медные руды делятся на два промышленных типа: сульфидные и оксидные. 90% меди выплавляют из сульфидных руд, остальное количество приходится на самородную медь, оксиды, карбонаты и другие. Содержание меди для рентабельной обработки равно 1–3% (при подземной добыче) и 0,5–0,7% при отработке карьерами. Руды в большинстве своем являются комплексными ($\text{Mo} - \text{Cu}$, $\text{Cu} - \text{Ni}$, $\text{Cu} - \text{Zn} - \text{Pb}$, $\text{Cu} - \text{Fe} - \text{U}$). Технология извлечения зависит от минерального состава слагающих компонентов.

Типы промышленных месторождений.

Основными генетическими типами медных руд, имеющими основное промышленное значение, являются магматический, гидротермальный и колчеданный.

Магматические месторождения. К этому типу относятся крупнейшие медноникелевые месторождения: Норильское (Россия), Седбери (Канада). Форма тел — пластообразные

(донные) залежи, жилы. Промышленным минералом меди является халькопирит.

Гидротермальные месторождения. Среди них выделяются два подтипа:

а) прожилково-вкрапленные «медно-порфировые» — связаны с гипабиссальными штоками умереннокислых гранитоидов. 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 около 1%. К данному типу относятся: Коунрад (Казахстан), Алмалык (Узбекистан), Чукикамата (Чили), Бинхем (США).

б) медястые 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 3,5%. Типичные месторождения — Джеккаган (Казахстан), Удоканское (Забайкалье), а также месторождения Замбии и Конго.

Колчеданные месторождения. Эти месторождения относятся к вулканогенно-осадочному типу, который рассматривается многими авторами как переходный между эндогенными и экзогенными образованиями. Месторождения залегают среди измененных эффузивов и вулканогенно-осадочных пород. Рудные тела имеют линзообразную форму, размер их до первых километров по простиранию, при мощности от метра до десятков метров. Минеральный состав руд — пирит (90–97%), халькопирит, сфалерит, галенит, золото, серебро.

Свинец и цинк

Общие сведения и применение.

Свинец — голубовато-белый металл, удельный вес 11,3 г/см³, очень мягок, легко режется ножом. Температура плавления свинца — 327°C. Легко растворяется в азотной

кислоте и щелочах. Цинк — синевато-серый металл с удельным весом 7,1. Растворяется в кислотах и щелочах, при обыкновенной температуре хрупок. Температура плавления — 419°C.

Свинец используется в атомной технике, для изготовления бронированных кабелей, аккумуляторов, рентгено-технике, производстве сплавов. Цинк применяется в сплавах (50%), для оцинкования (40%), в медицине, для производства типографских шрифтов, белил.

Запасы и добыча.

Мировые запасы оцениваются в 175 млн т. Основные запасы сосредоточены в США, Австралии, Канаде, Казахстане, Мексике, ЮАР, Китае и РФ. По добыче свинцовых руд (3,55 млн т в 2007 г.) первые места занимают те же страны, а также — Перу. По выплавке рафинированного свинца (около 10,6 млн т в 2013 г.) лидирует США (более 1 млн т в год). Ведущие места занимают также КНР, Япония, Германия, РФ, Великобритания и Бельгия, не имеющая месторождений свинцовых руд и выплавляющая около 100 тыс. т. Основные потребители рафинированного металла — США (1,6 млн т), Великобритания (0,4 млн т) Германия (0,34 млн т), Япония (0,33 млн т), Италия (0,2 млн т). Россия по потреблению занимает 8 место. В 2010 г. на мировом рынке свинца отмечен профицит в 48 тыс. т по сравнению с профицитом в 57 тыс. т за аналогичный период 2009 г. Годовой экспорт свинцового концентрата составляет около 1 млн т, а рафинированного свинца — превышает 1 млн т. Основные экспортеры — развивающиеся страны, а также Австралия, Канада, Великобритания. Основной импорт осуществляют развитые страны, в основном, США. Цены на свинец в 1995–2001 гг. колебались в пределах 600–900 \$/т, а 2008 г. — 2600–3000 \$/т (2,5 \$/кг в октябре 2017 г.).

Мировые запасы цинковых руд составляют 278 млн т, наиболее крупные запасы сосредоточены в Австралии (39 млн т), Казахстане (35 млн т) и в Канаде (24 млн т). РФ занимает одно из ведущих мест по запасам, но основная часть руд — бедная. Годовое производство цинкового концентрата

в 2001 г. составило 8,9 млн т — Австралия (1 млн т), Канада (1 млн т), Китай (800 тыс. т). РФ по добыче занимает 10 место. По выплавке рафинированного цинка (9,14 млн т в 2001 г., 10,5 млн т в 2007 г. и 13,25 млн т в 2013 г.) лидировали Китай (870 тыс. т), Канада (690 тыс. т), Япония (670 тыс. т), Германия (360 тыс. т), Австралия (330 тыс. т), Франция (310 тыс. т). При этом доля Японии в мировой выплавке цинка в 2 раза больше, чем в мировой добыче руды. Бельгия, не добывающая цинковых руд, занимает ведущие места в мире по выплавке этого металла. В 2010 г. профицит мирового рынка цинка составил 264 тыс. т по сравнению с профицитом в 446 тыс. т за аналогичный период прошлого года. Цены на цинк в 1995–2001 гг. колебались в пределах 1000–1350 \$/т, а в 2007–2008 гг. — 2500–3000 \$/т и 3995 \$/т в конце 2006 г (3,3 в октябре 2017 г.).

Геохимия и минералогия.

Среднее содержание в земной коре свинца — 0,0016%, цинка — 0,01%. Известно 150 минералов свинца и 60 минералов цинка, однако наибольшее промышленное значение имеют галенит — PbS (86% Pb) и сфалерит — ZnS (67% Zn).

Типы руд и кондиции.

В промышленных месторождениях выделяют следующие типы руд: свинцовые, цинковые, свинцово-цинковые и полиметаллические (с Cu, Ag, Cd, 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%. К вредным примесям относятся висмут (не более 0,05%), мышьяк (до 1%) и некоторые другие.

Типы промышленных месторождений.

Среди месторождений свинца и цинка выделяются два главных генетических промышленных типа.

1. Скарновые;
2. Гидротермальные.

Скарновые месторождения представлены линзами, гнездами и вкрапленностью сульфидов свинца и цинка среди скарнов, преимущественно гранат-пироксеновых и эпидот-пироксеновых, в контактовых частях гипабиссальных гранитоидных интрузий. Содержание полезных компонентов весьма неравномерное, но обычно высокое, что позволяет рентабельно отрабатывать, несмотря на малые размеры рудных тел. Этот тип развит в России, особенно в Забайкалье и на Дальнем Востоке, а также в США и Швеции.

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 — не характерен.

Среднетемпературные месторождения залегают как в вулканогенно-осадочных породах (Рудный Алтай, Салаир), так и в карбонатных породах (Нерчинская группа в Забайкалье, Ледвиль в США). Образуются путем метасоматоза или путем выполнения трещин. 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 в карбонатных толщах вдали от материнских интрузий. Руды по составу простые (галенит, сфалерит, пирит) — массивные и вкрапленные, образуют жиллообразные и пластообразные тела. К этому типу относятся очень крупные месторождения Казахстана (Гурлан), 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 (Мейтен, Германия).

Благородные металлы

Золото

Общие сведения и применение.

Золото — желтый металл, имеющий плотность 15–19. Обладает высокой тепло и электропроводностью, мягкостью, вязкостью, уникальной ковкостью и тягучестью. Один грамм золота можно расплющить в пластинку площадью $0,5 \text{ м}^2$ и толщиной 0,00009 мм. Из него можно вытягивать проволоку толщиной 2 мкм. Оно растворяется только в царской водке.

Золото еще в глубокой древности применялось для изготовления украшений и монет. Золотые монеты впервые появились за 1500 лет до н. э. в Китае, Индии, Египте. На территории Армении найдены золотые монеты 1 века до н. э. За последние годы наряду с традиционными областями использования золота оно начало применяться как сварочный металл в особо ответственных деталях реактивных двигателей, ядерных реакторов, сверхзвуковых самолетов и космических кораблей. Золочение применяется для отражения тепла и света от поверхности ракет и других аппаратов, предназначенных для запуска в космос. В сплаве с палладием оно применяется при изготовлении приборов электронной техники.

Запасы и добыча.

Запасы золота (без РФ) составляют 51 тыс. т. В развитых странах находится около 67% мировых запасов золота. Наибольшее количество — в ЮАР (43% мировых запасов), США, РФ, Канаде, Узбекистане, Индонезии и Австралии. Эти же страны являются главными продуцентами золота, мировая добыча в 2016 г. составила около 3 100 тыс. т., а в ведущих странах: Китай (495 т), Австралия (270), Россия (250), США (209), Канада (170), Перу (150), ЮАР (140), Мексика (125). Мировое потребление составляет около 3,5 тыс. т. Потребителями золота, в отличие от цветных металлов, являются не только развитые страны, но и развивающиеся страны, а также страны арабского мира. Цены в 2000-х гг. колебались от 10 до 30 \$/г (40 \$/г в 2017 г.).

Геохимия и минералогия.

Кларк в земной коре $5 \times 10^{-6}\%$. Золото связано преимущественно с кислыми магматическими породами, а также с диабазами. В природе известно 15 золотосодержащих минералов. Основное промышленное значение имеют самородное золото и его теллуриды. Самородное золото не бывает химически чистым и чаще всего представляет собой природный сплав с серебром. Качество золота оценивается его пробой — содержанием металла в 1000 единицах массы. Проба высококачественного золота — более 900, низкокачественного — менее 700.

Типы руд и кондиции.

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

Добыча золота в ведущих странах-производителях — ЮАР, США, Австралии, Канаде и Китае, осуществляется преимущественно за счет эксплуатации коренных месторождений. Россия, занимающая третье место в мировом объеме добычи (242 т в 1995 г.) составляет исключение. Она добывает 85% золота из россышных 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.

Типы промышленных месторождений.

Золото встречается во всех типах магматогенных (кроме пегматитов), а также в метаморфизованных и экзогенных месторождениях. Наибольшее промышленное значение имеют гидротермальные, метаморфизованные и россыпные месторождения.

Гидротермальные месторождения. Наиболее известным в России является Березовское месторождение (Урал). Рудное поле сложено кристаллическими сланцами, эффузивами, тальковыми сланцами и гипербазитами. Все породы рассекаются многочисленными дайками различного состава от гранит-порфиров до лампрофиров. Содержание золота 8–12 г/т.

Огромное промышленное значение имеют **осадочно-метаморфогенные** месторождения в конгломератах Южной Африки (ЮАР, Гана). На месторождении Витватерсранд (рис. 19) оруденение представлено конгломератами, среди которых локализовалось семь горизонтов, промышленное значение имеет самый нижний горизонт Мейн-риф, прослеженный на 160 км. Конгломераты состоят из мелкой окатанной гальки и гравия кварца и кварцита, сцементированных кварцевым песком. В цементе содержится пирит, золото, платиноиды и алмазы. Золото — высокопробное угловатой формы размером 0,01–0,07 мм. Содержание золота в рудах — 4,5 г/т, при среднем содержании урана 0,015%. Общие запасы месторождения оцениваются в 8–12 тыс. т золота и примерно 500 тыс. т урана. Близкими по типу являются месторождения Канады и Бразилии.

Золотоносные россыпи играют, как указывалось выше, существенную роль в добыче золота. Основное значение имеют аллювиальные россыпи, меньше — морские. Крупнейшими в мире являются россыпи Витватерсранд (ЮАР), Каргурли (Австралия), Ном (США), образованные при выветривании докембрийских пород. В России россыпи промышленного значения находятся в бассейнах рек Лены, Колымы, Алдана, Бодайбо, Енисея, Томи (Горная Шория).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Определение качества минерального сырья

Весовое содержание ценного (полезного) минерала или полезных минералов в комплексных рудах в образце определяется как:

$$C_i^B = \left(\frac{C_1^o \cdot d_1}{C_1^o \cdot d_1 + C_2^o \cdot d_2 + \dots + C_i^o \cdot d_i} \right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где C_i^B — содержание данного минерала в образце, вес %;

$C_1^o, C_2^o, \dots, C_i^o$ — содержание каждого из минералов в образце, объемные %;

$d_1, d_2, \dots, d_i$ — плотность минералов, г/см³.

Для руд требуется вычислить содержание ценного компонента (металла) в образце C_k , исходя из весового содержания в образце минерала, являющегося носителем данного компонента (C_i^B) и известного содержания компонента в чистом минерале (C_k^M)

$$C_k = (C_k^M \cdot C_i^B) / 100\%. \quad (8)$$

Данные о содержании полезных компонентов в главнейших рудных минералах и их плотности приведены в таблице 1.

Таблица 1

Главные ценные и сопутствующие минералы руд

Название полезного компонента	Название минерала, руды	Формула минерала	Содержание полезного компонента, %	Плотность, г/см ³
Алюминий	Боксит	$Al_2O_3 \cdot nH_2O$	47	3,0
	Нефелин	$Na[AlSiO_4]$	19	3,0
	Каолинит	$Al_4[Si_4O_{10}][OH]_3$	22	2,6
Барит	Барит	$BaSO_4$	58	4,3
Вольфрам	Вольфрамит	$(Fe, Mn)WO_4$	60	7,0
Железо	Магнетит	$Fe \cdot Fe_2O_4$	72	5,2
	Гематит	Fe_2O_3	70	5,2
	Лимонит	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	55	4,0
	Ильменит	$FeTiO_3$	37	4,5
Марганец	Пиролузит	MnO_2	63	4,8
	Псиломелан	$MnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$	40–60	4,7

Продолжение табл. 1

Название полезного компонента	Название минерала, руды	Формула минерала	Содержание полезного компонента, %	Плотность, г/см ³
Медь	Халькопирит	CuFeS_2	35	4,2
		Cu_2S	80	5,7
	Халькозин	$\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$	57	4,0
	Малахит Азурит	$\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$	55	3,8
Молибден	Молибденит	MoS_2	60	4,8
Мышьяк	Арсенопирит	FeAsS	46	6,0
Ртуть	Киноварь	HgS	86	8,1
Сера	Сера	S	100	2,0
	Пирротин	FeS	36	4,6
	Пирит	FeS_2	53	5,2
Титан	Ильменит	FeTiO_3	32	4,7
Фосфор	Фосфорит	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$	35	3,0
	Апатит	(F, Cl, OH)	20	3,2
Хром	Хромит	FeCr_2O_4	47	4,0
Свинец	Галенит	PbS	87	7,5
Цинк	Сфалерит	ZnS	67	3,8
	Кварц	SiO_2		2,6
	Кальцит	CaCO_3		4,7
	Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$		4,8
	Магнезит	MgCO_3		5,0
	Асбест	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$		2,2
	Гранат	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ca})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{SiO}_4]_3$		4,0
	Оливин	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$		3,5
	Серпентин	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$		2,5
	Мусковит	$\text{Kal}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$		3,0

Требования промышленности к качеству руд приведены в таблице 2.

Контрольные задания

Необходимо оценить качество металлических ископаемых исходя из данных их минерального состава. Минералы, в которых следует оценить содержание полезных компонентов, даны курсивом.

Вариант 0

1. *Магнетит* — 30%; *гематит* — 20%; гранат — 15%; кварц — 20%; кальцит 15%.
2. *Хромит* — 85%; кальцит — 10%; доломит — 5%.

Вариант 1

1. *Вольфрамит* — 40%; кварц — 20%; пирит — 25%; арсенопирит — 10%; молибденит — 5%.
2. *Нефелин* — 40%; ильменит — 15%; кальцит — 15%; доломит — 15%; магнезит — 15%.

Вариант 2

1. *Псиломелан* — 35%; *пиралюзит* — 25%; кварц — 20%; кальцит — 15%; лимонит — 5%.
2. Гранат — 10%; оливин — 15%; серпентин — 20%; *магнетит* — 40%; мусковит — 15%.

Таблица

2 Требования промышленности к качеству минерального сырья металлические руды и агрохимическое сырье

Полезное ископаемое, типы руд	Полезный компонент	Содержание полезного компонента в рудах, %		
		бедные	рядовые	богатые
1	2	3	4	5
Алюминий (боксит)	Al ₂ O ₃	28–35	35–40	>40
Нефелины	Al ₂ O ₃	12–14	14–17	>17,0
Вольфрам	WO ₃	0,5–1	1–3	>3
Магнетит-гематитовые руды	Fe	37–40	40–50	>50
Лимонитовые руды	Fe	30–35	35–40	>40
Калий, сильвинит	K ₂ O	16–20	20–40	>40

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
Марганец, окисн.	Mn	17–22	22–30	>30
карбонатные руды	Mn	13–20	20–30	>30
Медь, монометал.	Cu	0,7–2	2–3	>3
Комплексные руды (Co-Ni; Cu-Mo)	Cu	0,2–0,3	0,3–0,5	>0,5
Молибден	Mo	0,05–0,1	0,1–0,3	>0,3
Ртуть	Hg	0,1–0,3	0,3–0,5	>0,5
Свинец, цинк монометал- тальные	Pb	1–2	2–4	>4
	Zn	2–3	3–4	>4
Комплексные руды	Pb,Zn	2–4	4–7	>7
Фосфаты, Апатит	P ₂ O ₅	6–10	10–16	>16
Фосфорит	P ₂ O ₅	3–6	6–10	>10
Титан, Ильменит	Ti	10–15	15–20	>20
Хром, хромит	Cr ₂ O ₃	32–35	35–40	>40

Вариант 3

1. *Малахит* — 30%; *азурит* — 5%; гранат — 15%; кварц — 20%; кальцит — 25%; лимонит — 5%.

2. *Фосфорит* — 55%; кварц — 10%; барит — 15%; кальцит — 20%;

Вариант 4

1. *Магнетит* — 45%; серпентин — 25%; кальцит — 20%; мушкетит — 10%.

2. *Вольфрамит* — 30%; кальцит — 20%; пирит — 20%; кварц — 5%; сфалерит — 10%; галенит — 15%.

Вариант 5

1. *Магнетит* — 50%; *гематит* — 20%; гранат — 5%; кварц — 20%; кальцит 5%.

2. *Сфалерит* — 35%; галенит — 25%; кальцит — 20%; доломит — 15%; кварц — 5%.

Вариант 6

1. *Вольфрамит* — 50%; кварц — 10%; пирит — 25%; арсенопирит — 10%; молибденит — 5%.

2. *Апатит* — 60%; доломит — 15%; магнезит — 20%; кварц — 5%.

Вариант 7

1. *Псиломелан* — 15%; *пирролюзит* — 35%; кварц — 20%; кальцит — 15%; лимонит — 15%.
2. *Магнетит* — 40%; *гематит* — 35%; гранат — 10%; серпентин — 10%; мусковит — 5%.

Вариант 8

1. *Малахит* — 30%; *азурит* 15%; пирит — 15%; халькопирит — 10%; кальцит — 25%; лимонит — 5%.
2. *Апатит* — 45%; кварц — 10%; барит — 5%; кальцит — 25%; доломит — 15%.

Вариант 9

1. *Магнетит* — 45%; доломит — 15%; серпентин — 25%; кальцит — 15%.
2. *Молибденит* — 50%; кальцит — 10%; пирит — 20%; сфалерит — 10%; галенит — 10%.

ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Промышленные классификации углей

Промышленные классификации отражают сложившуюся практику использования ископаемых углей. Для их построения выбирают основные показатели качества углей (параметры), позволяющие комплексно оценить наиболее важные технологические свойства углей для ведущих направлений переработки: энергетического, металлургического, химико-технологического и др. Обычно это удельная теплота сгорания; выход летучих веществ; спекаемость и коксующесть; в некоторых случаях — элементный состав (содержание С и Н), для бурых углей — влажность и выход смол.

В то же время, для решения вопроса о взаимозаменяемости углей различных бассейнов и месторождений в технологических процессах одного и того же направления использования, применяют и генетические факторы, то есть классификации становятся промышленно-генетическими. Это объясняется различием в свойствах углей одной марки из одного бассейна (месторождения). Для учета всех вышеназванных факторов в 1998 году была разработана, а с 1.01.1990 введена в действие классификация не окисленных ископаемых углей СССР (ГОСТ 25543-88), предусматривающая их подразделение:

- по видам — на бурые, каменные и антрациты;
- по генетическим параметрам — на классы, категории, типы и подтипы;
- по технологическим параметрам — на марки, группы и подгруппы.

На основе ГОСТ 25543-88 техническим комитетом по стандартизации РФ ТК-179 «Твердое минеральное топливо» разработан ГОСТ 25543-2013 (введен в действие с 1.01.2015).

Классификацией предусмотрено отнесение углей к бурым при среднем показателе отражения витринита R_0 — менее 0,60% и Q_s^{af} — менее 24 МДж/кг. К каменным — при R_0 от 0,40% до 2,5%, Q_s^{af} — 24 МДж/кг и более, выходе летучих на сухое беззольное состояние (V^{daf}) — 8% и более. К антрацитам — при R_0 от 2,20% и более и V^{daf} менее 8% (табл. 1).

Классификация углей по видам

Вид угля	Средний показатель отражения витринита R_0 , %	Теплота сгорания на влажное беззолное состояние $Q_{s^{af}}$, МДж/кг	Выход летучих веществ на сухое беззолное состояние V^{daf} , %
Бурый уголь	менее 0,60	менее 24	—
Каменный уголь	от 0,40 до 2,59 включительно	24 и более	8 и более
Антрацит	от 2,20 и более	—	менее 8

Предусмотрено определение следующих генетических параметров исследуемых углей: степень их метаморфизма, устанавливаемая по средней величине отражения витринита (R_0), — класс угля (табл. 2); особенности петрографического состава — минимальной суммы фюзенизированных компонентов (ΣOK) в процентах — категория угля (табл. 3); максимальной влагоемкости на беззолное состояние W_{max}^{af} , в процентах для бурых углей, выходу летучих веществ V^{daf} , в процентах для каменных углей и V^{daf} в cm^3/g для антрацитов (тип угля; табл. 4–6); выходу смол полукоксования T_{sk}^{daf} для бурых углей, спекаемости по толщине пластического слоя — y , в мм и индексу $Ro_g(R_i)$ для каменных углей, анизотропии отражения витринита A_R , в процентах для антрацитов (подтип угля, табл. 7–9).

Номера типов и подтипов устанавливаются по минимальным значениям указанных показателей в исследуемом угле; они отражают структурные особенности, различную степень восстановления органического вещества и другие генетические особенности.

По перечисленным показателям выделено 50 классов угля с R_0 от 0,20 до 5,0% и более; 8 категорий с OK от менее 10 до более 69%; 6 типов бурых углей с W_{max}^{af} от менее 20 до более 70%; 11 типов каменных углей с V^{daf} от более 48 до 8% и 4 типа антрацитов с $V_{об}^{daf}$ от более 200 до менее 100 cm^3/g ; 4 подтипа бурых углей с T_{sk}^{daf} от более 20 до 10% и менее, 23 подтипа камен-

ных углей по показателям спекаемости и 6 подтипов антрацитов по показателям анизотропии отражения витринита.

По совокупности генетических параметров исследуемый уголь обозначается семизначным кодовым числом, составленным из номеров его класса, категории, типа и подтипа и отражающим основные особенности его состава и технологических свойств. Соответственно по генетическим параметрам определяются: технологическая марка, группа и подгруппа исследуемого угля.

Всего выделено 17 марок, из них по одной для бурых (Б) углей и антрацитов (А) и 15 для каменных углей — длиннопламенные (А), длиннопламенные-газовые (ДГ), газовые (Г), газожирные отощенные (ГЖО), газожирные (ГЖ), жирные (Ж), коксово-жирные (КЖ), коксовые (К), коксовые отощенные (КО), коксовые спекающиеся низкометаморфизованные (КСН), коксовые спекающиеся (КО), отощенные спекающиеся (ОС), тощие спекающиеся (ТС), слабо спекающиеся (СС) и тощие (Т). Марки углей Б, СС и А подразделяются на три, а прочих (исключая марки Д, ДГ, КЖ, КСН и ТС) — на две технологические группы каждая (приложение Г, табл. 2.1).

Выделение групп обусловлено некоторыми существенными различиями в величинах: максимальной влагоемкости — для бурых углей, показателях спекаемости — для каменных, степенью метаморфизма — для антрацитов и др.

Наименование группы предшествует названию марки, например — первый газовый (1Г), третий бурый (3Б) и т. п. Выделение подгруппы производится с учетом петрографического состава. Углям категорий 1, 2 и 3 с Σ ОК менее 40% присваивается наименование витринитовых, а категорий 4 и выше с Σ ОК более 40% — фюзенитовых. Наименование подгруппы указывается после названия марки, например — второй газовый витринитовый (2ГВ) и т. п.

Окисленным бурым и каменным углям присваивается марка неокисленных углей с дополнительным присоединением к буквенному обозначению кодового указания на степень ее окисленности ОК-I, ОК-II, характеризующую предельной величиной

высшей теплоты сгорания, которая устанавливается для каждого месторождения (бассейна) по соответствующим ГОСТам. Ниже даны показатели, определяющие вид, класс, категорию, тип и подтип углей.

Таблица 2

Разделение углей по классам

Класс	Средний показатель отражения витринита R_0 , %	Класс	Средний показатель отражения витринита R_0 , %
02	от 0,20 до 0,29 включит.	27	от 2,70 до 2,79 включит.
03	0,30–0,39	28	2,80–2,89
04	0,40–0,49	29	2,90–2,99
05	0,5–0,59	30	3,00–3,09
06	0,60–0,69	31	3,10–3,19
07	0,70–0,79	32	3,20–3,29
08	0,80–0,89	33	3,30–3,39
09	0,90–0,99	34	3,40–3,49
10	1,00–1,09	35	3,50–3,59
11	1,10–1,19	36	3,60–3,69
12	1,20–1,29	37	3,70–3,79
13	1,30–1,39	38	3,80–3,89
14	1,40–1,49	39	3,90–3,99
15	1,50–1,59	40	4,00–4,09
16	1,60–1,69	41	4,10–4,19
17	1,70–1,79	42	4,20–4,29
18	1,80–1,89	43	4,30–4,39
19	1,90–1,99	44	4,40–4,49
20	2,00–2,09	45	4,50–4,59
21	2,10–2,19	46	4,60–4,69
22	2,20–2,29	47	4,70–4,79
23	2,30–2,39	48	4,80–4,89
24	2,40–2,49	49	4,90–4,99
25	2,50–2,59	50	5,00 и более
26	2,60–2,69		

Таблица 3

Классификация углей по категориям

Категория	Сумма фюзенинизированных компонентов ΣOK , %
0	менее 10
1	от 10 до 19 включительно
2	20–29
3	30–39
4	40–49
5	50–59
6	60–69
7	более 69

Таблица 4

Классификация углей по типам по максимальной влагоемкости

Тип	Максимальная влагоемкость $W_{\max}^{af}$, %
10	менее 20
20	от 20 до 30
30	30–40
40	40–50
50	50–60
60	60–70

Таблица 5

Классификация углей по типам (выход летучих веществ)

Тип	Выход летучих веществ V_{daf} , %	Тип	Выход летучих веществ V_{daf} , %
48	48 и более	26	от 26 до 28
46	от 46 до 48	24	24–26
44	44–46	22	22–24
42	42–44	20	20–22
40	40–42	18	18–20
38	38–40	16	16–18
36	36–38	14	14–16
34	34–36	12	12–14
32	32–34	10	10–12
30	30–32	08	8–10
28	28–30		

Таблица 6

**Классификация углей по типам
(объемный выход летучих веществ)**

Тип	Объемный выход летучих веществ, $V_{ог}^{daf}$, см ³ /г
20	более 200
15	от 150 до 200
10	от 100 до 150
05	менее 100

Таблица 7

**Классификация углей по подтипам
(выход смолы полукоксования)**

Подтип	Выход смолы полукоксования T_{sk}^{daf} , %
20	более 20
15	от 15 до 20
10	10–15
05	10 и менее

Таблица 8

**Классификация углей по подтипам
(толщина пластического слоя)**

Подтип	Толщина пластического слоя у, мм	Подтип	Толщина пластического слоя у, мм
26	26	14	14
25	25	13	13
24	24	12	12
23	23	11	11
22	22	10	10
21	21	09	09
20	20	08	08
19	19	07	07
18	18	06	06
17	17	01	01
16	16	00	00
15	15		

**Классификация углей по подтипам
(анизотропия отражения витринита)**

Подтип	Анизотропия отражения витринита A_R , %
20	менее 30
30	от 30 до 40
40	40–50
50	50–60
60	60–70
70	более 70

Кодирование угольной продукции производится следующим образом.

Пример 1. 1113218 — уголь класса 11 (показатель отражения витринита $R_0 = 1,10$ – $1,19\%$ в соответствии с таблицей 2, категории 1 (содержание фюзенизированных компонентов $\Sigma OK = 10$ – 19% в соответствии с таблицей 3), типа 32 (выход летучих веществ V^{daf} от 32 до 34% в соответствии с таблицей 5), подтипа 18 (толщина пластического слоя $y = 18$ мм в соответствии с таблицей 8). Марка Ж (жирный), группа 2Ж (второй жирный) в соответствии с ГОСТом 25543-2013 (табл. 2.1).

Пример 2. Уголь шахты им. Ленина пласта XVII Кузнецкого бассейна характеризуется следующими показателями:

- показатель отражения витринита — $R_0 = 1,48\%$;
- содержание фюзенизированных компонентов — $\Sigma OK = 43\%$;
- выход летучих веществ — $V^{daf} = 18,3\%$;
- толщина пластического слоя — $y = 10$ мм.

Этот уголь в соответствии с таблицами 2, 3, 5, 8 относится к классу 14, категории, типу 18, подтипу 10. В соответствии с приложением 1 данный уголь относится к марке ОС (отощенный спекающийся), группе 1ОС (первый отощенный спекающийся), подгруппе 1ОСФ (первый отощенный спекающийся фюзенитовый); кодовый номер 1441810 (см. табл. 2.1). Направления использования углей даны в табл. 2.2.

2. Использование углей по технологическим маркам

Таблица 2.1

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Под-тип	Примечание
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение					
Бурый	Б	Первый бурый	1Б	-	-	02, 03	Все категории	50 и выше	05, 10, 15, 20	
		Второй бурый	2Б	Второй бурый витринитовый	2БВ	02, 03, 04	0, 1, 2, 3	30, 40	05, 10, 15, 20	
				Второй бурый фюзинитовый	2БФ	02, 03, 04	4 и выше	30, 40	05, 10, 15	
		Третий бурый	3Б	Третий бурый витринитовый	3БВ	03, 04, 05	0, 1, 2, 3	10, 20	05, 10, 15, 20	
				Третий бурый фюзинитовый	3БФ	04, 05	4 и выше	10, 20	05, 10	
Длинно-пламенный	Д	-	-	Длинно-пламенный витринитовый	ДВ	04, 05, 06, 07	0, 1, 2, 3	40 и выше 36 и выше 34 и выше 30 и выше	00, 01	
				Длинно-пламенный фюзинитовый	ДФ	05, 06, 07	4 и выше	30 и выше 28 и выше 30 и выше	00, 01	
Длинно-пламенный	ДГ	-	-	Длинно-пламенный газовый витринитовый	ДГВ	05, 06, 07	0, 1, 2, 3	32 и выше	06, 07, 08, 09	
				Длинно-пламенный газовый фюзинитовый	ДГФ	05, 06, 07	4 и выше	30 и выше	06, 07, 08, 09	

Продолжение табл. 2.1

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Подтип	Примечание
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение					
Газовый	Г	Первый газовый	1Г	Первый газовый випринитовый	1ГВ	05, 06, 07, 08, 09	0, 1, 2, 3	38 и выше 30 и выше	10, 11, 12, 06, 07, 08, 09	
Газовый	Г	Первый газовый	1Г	Первый газовый фюзинитовый	1ГФ	05, 06, 07, 08, 09	4 и выше	30 и выше 38 и выше 30 и выше	10, 11, 12, 06, 07, 08, 09	
		Второй газовый	2Г	-	-	06, 07	Все категории	38 и выше	13, 14, 15, 16	
Газовый жирный отощенный	ГЖО	Первый газовый жирный отощенный	1ГЖО	Первый газовый жирный отощенный випринитовый	1ГЖОВ	06, 07	0, 1, 2, 3	30, 32, 34, 36	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	
				Первый газовый жирный отощенный фюзинитовый	1ГЖОФ	06, 07	4 и выше	30, 32, 34, 36	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	
		Второй газовый жирный отощенный	2ГЖО	Второй газовый жирный отощенный випринитовый	2ГЖОВ	08, 09, 08	0, 1, 2, 3	30, 32, 34, 36 36 и выше	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	
				Второй газовый жирный отощенный фюзинитовый	2ГЖОФ	08, 09, 08	4 и выше	30 и выше 36 и выше	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	
Газовый жирный	ГЖ	Первый газовый жирный	1ГЖ	-	-	05, 06, 07	Все категории	30 и выше	17 и выше	

Продолжение табл. 2.1

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Под-тип	Примечание
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение					
		Второй газовый жирный	2ГЖ	-	-	08, 09	Все категории	36 и выше	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	
Жирный	Ж	Первый жирный	1Ж	-	-	08, 09, 10, 11	Все категории	28, 30, 32, 34, 30, 32, 34	14, 15, 16, 17	
Жирный	Ж	Второй жирный	2Ж	-	-	08, 09, 10, 11	Все категории	36 и выше, 30, 32, 34, 30 и выше	26 и выше, 18 и выше, 18 и выше	
Коксовый жирный	КЖ	-	-	-	-	09, 10, 11, 12	Все категории	24, 26, 28	18 и выше	Тип 24 при $V_{daf} \geq 25\%$ и более
Коксовый	К	Первый коксовый	1К	Первый коксовый витринитовый	1КВ	10, 11, 12	0, 1, 2, 3	24, 26, 28, 24 и ниже	13, 14, 15, 16, 17, 13 и выше	Тип 24 при $V_{daf} \geq 25\%$
				Первый коксовый фюзинитовый	1КФ	10, 11, 12	4 и выше	24, 26, 28, 24 и ниже	13, 14, 15, 16, 17, 13 и выше	
		Второй коксовый	2К	Второй коксовый витринитовый	2КВ	13, 14, 15, 16	0, 1, 2, 3	28 и ниже	13 и выше	
				Второй коксовый фюзинитовый	2КФ	13, 14, 15, 16	4 и выше	28 и ниже	13 и выше	

Продолжение табл. 2.1

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Под-тип	Примечание
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение					
Коксовый отощенный	КО	Первый коксовый отощенный	1КО	Первый коксовый отощенный витринитовый	1КОВ	08, 09, 10, 11	0, 1, 2, 3	22, 24, 26, 28	10, 11, 12	
				Первый коксовый отощенный фюзинитовый	1КОФ	08, 09, 10, 11	4 и выше	22, 24, 26, 28 20 и выше	10, 11, 12	
Коксовый отощенный	КО	Второй коксовый отощенный	2КО	Второй коксовый отощенный витринитовый	2КОВ	11 12 13	0, 1, 2, 3	16, 18, 20, 28 и ниже 22, 24, 26	10, 11, 12	
				Второй коксовый отощенный фюзинитовый	2КОФ	11 12 13	4 и выше	16, 18, 28 и ниже 22, 24, 26	10, 11, 12	
Коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный	КСН	-	-	Коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный витринитовый	КСНВ	08, 09, 10	0, 1, 2, 3	28 и ниже	06, 07, 08, 09	
		-	-	Коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный фюзинитовый	КСНФ	08, 09, 10	4 и выше	28 и ниже	06, 07, 08, 09	
Коксовый слабоспекающийся	КС	Первый коксовый слабоспекающийся	1КС	Первый коксовый слабоспекающийся витринитовый	1КСВ	11, 12, 13	0, 1, 2, 3	28 и ниже	06, 07, 08, 09	

Продолжение табл. 2.1

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Подтип	Примечание
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение					
				Первый коксовый слабопекующийся фюзинитовый	1КСФ	11, 12, 13	4 и выше	28 и ниже	06, 07, 08, 09	
Коксовый слабопекующийся	КС	Второй коксовый слабопекующийся	2КС	Второй коксовый слабопекующийся витринитовый	2КСВ	14, 15, 16	0, 1, 2, 3	24 и ниже	06, 07, 08, 09, 06, 07, 08	
				Второй коксовый слабопекующийся фюзинитовый	2КСФ	14, 15, 16	4 и выше	24 и ниже	06, 07, 08, 09	
Отощенный спекающийся	ОС	Первый отощенный спекающийся	1ОС	Первый отощенный спекающийся витринитовый	1ОСВ	13, 14, 15, 16, 17	0, 1, 2, 3	20 и ниже	10, 11, 12, 09, 10, 11, 12, 10, 11, 12	
				Первый отощенный спекающийся фюзинитовый	1ОСФ	13, 14, 15, 16, 17	4 и выше	20 и ниже	10, 11, 12	
		Второй отощенный спекающийся	2ОС	Второй отощенный спекающийся витринитовый	2ОСВ	17 и выше	0, 1, 2, 3	20 и ниже	06, 07, 08, 09	
				Второй отощенный спекающийся фюзинитовый	2ОСФ	17 и выше	4 и выше	20 и ниже	06, 07, 08, 09	

Продолжение табл. 2.1

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Подтип	Примечание
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение					
Тощий спекающийся	ТС	-	-	Тощий спекающийся витринитовый	ТСВ	14, 15, 16, 17, 18, 19	0, 1, 2, 3	20 и ниже	01	
				Тощий спекающийся фюзинитовый	ТСФ	14, 15, 16, 17, 18, 19	4 и выше	16, 18, 16 и ниже	01	Подтип 01 RI 2:4
Слабо-спекающийся	СС	Первый слабо-спекающийся	1СС	-	-	07, 08, 09	Все категории	20, 22, 24, 26, 28, 34 и выше	00, 01	
		Второй слабо-спекающийся	2СС	-	-	08, 09, 10, 11, 12, 13	Все категории	26, 28, 30, 32	00, 01	
		Третий слабо-спекающийся	3СС	-	-	08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17	Все категории	20, 22, 24, 16, 18, 20, 22, 24, 16, 18, 20, 18, 20	00, 01, 00, 01 00 00	
Тощий	Т	Первый тощий	1Т	Первый тощий витринитовый	1ТВ	15, 16, 17, 18, 19, 20	0, 1, 2, 3	12, 14, 16	00	Подтип 00 RI 2:4
				Первый тощий фюзинитовый	1ТФ	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	4 и выше	12, 14	00	Подтип 00 RI 2:4
		Второй тощий	2Т	Первый тощий витринитовый	2ТВ	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	0, 1, 2, 3	08, 10	00	Подтип 00 RI 2:4

Окончание табл. 2.1

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Подтип	Примечание
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение					
Тошый	Т	Второй тошый	2Т	Второй тошый фюзинитовый	2ТФ	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	4 и выше	08, 10	00	Подтип 00 R1 2:4
Антрацит	А	Первый антрацит	1А	Первый антрацит витринитовый	1АВ	22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	0, 1, 2, 3	20	60 и ниже	Классы 22–25 при V_{def} менее 8%
				Первый антрацит фюзинитовый	1АФ	22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	4 и выше	10 и выше	60 и ниже	
		Второй антрацит	2А	Второй антрацит витринитовый	2АВ	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	0, 1, 2, 3	10 и выше	40 и выше	Подтип для углей кон-тактового метаморфизма 20 и выше
				Второй антрацит фюзинитовый	2АФ	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	4 и выше	10 и выше	40 и выше	
		Третий антрацит	3А	Третий антрацит витринитовый	3АВ	45 и выше	0, 1, 2, 3	15 и ниже	50 и выше	
				Третий антрацит фюзинитовый	3АФ	45 и выше	4 и выше	15 и ниже	50 и выше	

Таблица 2.2

Направление использования	Марка	Группа	Подгруппа
1. Технологическое			
1.1. Слоевое коксование	КЖ	-	-
	К	1К 2К	1КВ, 1КФ 2КВ, 2КФ
	Ж	1Ж, 2Ж	-
	ГЖ	1ГЖ, 2ГЖ	-
	ОС	1ОС	1ОСВ, 1ОСФ
		2ОС	2ОСВ, 2ОСФ
	ГЖО	1ГЖО	1ГЖОВ, 1ГЖОФ
		2ГЖО	2ГЖОВ, 2ГЖОФ
	КО	1КО	1КОВ, 1КОФ
		2КО	2КОВ, 2КОФ
	Г	1Г	1ГВ, 1ГФ
		2Г	-
	КС	1КС	1КСВ, 1КСФ
		2КС	2КСВ, 2КСФ
	КСН	-	КСНВ, КСНФ
	ДГ	-	ДГВ, ДГФ
	ТС	-	ТСВ, ТСФ
	СС	1СС, 2СС 3СС	-
1.2. Специальные процессы подго- товки и коксования	Все марки, группы, подгруппы каменных углей, используе- мые для слоевого коксования, а также		
	Т	1Т	1ТВ, 1ТФ
		2Т	2ТВ, 2ТФ
1.3. Производство генераторного газа в газогенераторах стационар- ного типа: — смешанного газа	Д	-	ДВ
	Б	3Б	3БВ, 3БФ
	ДГ	-	ДГФ
	КС	1КС	1КСВ, 1КСФ
		2КС	2КСВ, 2КСФ
	ГЖО	1ГЖО	1ГЖОВ, 1ГЖОФ
	СС	1СС, 2СС 3СС	-
— водяного газа	ТС	-	ТСВ
	Т	1Т	1ТВ
	Т	2Т	2ТВ, 2ТФ
	А	1А	1АВ, 1АФ
		2А	2АВ, 2АФ
		3А	3АВ, 3АФ
1.4. Производство синтетического жидкого топлива	Б	1Б	-
		2Б	2БВ
		3Б	3БВ
	Д	-	ДВ
	ДГ	-	ДГВ
	Г	1Г	1ГВ
		2Г	-
	ГЖ	1ГЖ	-
		2ГЖ	-
	Б	1Б	-

Направление использования	Марка	Группа	Подгруппа
1.5. Полукоксование		2Б 3Б —	2БВ 3БВ ΔВ
	ΔГ	—	ΔГВ, ΔГФ
	Г	1Г	1ГВ, 1ГФ
	Т	2Г	2ГФ
	А	1А	1АФ
1.6. Производство углеродистого наполнителя (термоантрацита) для электродных изделий и литейного кокса	2А	2А	2АВ, 2АФ
	3А	3А	3АВ, 3АФ
	Т	2Г	2ГФ
	А	1А	1АВ, 1АФ
1.7. Производство карбида кальция	2А	2А	2АВ, 2АФ
	3А	3А	3АВ, 3АФ
	Т	2Г	2ГФ
	А	1А	1АВ, 1АФ
1.8. Производство электро-корунда	2А	2А	2АВ, 2АФ
	3А	3А	3АВ, 3АФ
2. Энергетическое			
2.1. Пылевидное сжигание в стационарных котельных установках	Все марки, группы, подгруппы бурых углей и антрацитов, а также неиспользуемые для коксования все марки, группы, подгруппы каменных углей.		
2.2. Слоевое сжигание в стационарных котельных установках и кипящем слое			
	Все марки, группы, подгруппы бурых углей и антрацитов, а также неиспользуемые для коксования все марки, группы, подгруппы каменных углей.		
2.3. Сжигание в отражательных печах	Для факельно-слоевых топок угли марки А всех групп, подгрупп не используются		
2.4. Сжигание в топках судов	ΔГ	—	ΔГВ, ΔГФ
	Г	1Г	1ГВ, 1ГФ
	СС	1СС, 2СС	—
	Δ	—	ΔВ, ΔФ
	ΔГ	—	ΔГВ, ΔГФ
	СС	1СС, 2СС, 3СС	—
	А	1А	1АВ, 1АФ
		2А	2АВ, 2АФ
		3А	3АВ, 3АФ
	Т	1Г, 2Г	1ГВ, 1ГФ, 2ГВ, 2ГФ
	и неиспользуемые для коксования:		
	Г	1Г	1ГВ, 1ГФ
		2Г	—
	ГЖО	1ГЖО	1ГЖОВ, 1ГЖОФ
	ГЖ	1ГЖ, 2ГЖ	—
	Ж	1Ж, 2Ж	—
	КЖ	—	—
	Б	3Б	3БВ
	Δ	—	ΔВ, ΔФ
	ΔГ	—	ΔГВ, ΔГФ
	Г	1Г	1ГВ, 1ГФ
		2Г	—
	СС	2СС, 3СС	—
2.5. Сжигание в топках энергопоездов			

Направление использования	Марка	Группа	Подгруппа
2.6. Сжигание в топках паровозов	Все марки, группы, подгруппы бурых углей и антрацитов, а также неиспользуемые для коксования каменные угли всех марок, групп, подгрупп.		
2.7. Топливо для коммунальных нужд	Все марки, группы, подгруппы бурых углей и антрацитов, а также неиспользуемые для коксования каменные угли всех марок, групп, подгрупп.		
2.8. Топливо для бытовых нужд	Все марки, группы, подгруппы бурых углей и антрацитов, а также неиспользуемые для коксования каменные угли всех марок, групп, подгрупп.		
3. Производство строительных материалов, в т. ч.:			
3.1. Известняк	Б	2Б 3Б	2БВ, 2БФ 3БВ, 3БФ
	Д	—	ДВ, ДФ
	ДГ	—	ДГВ, ДГФ
	СС	1СС, 2СС, 3СС	—
	А	1А 2А 3А	1АВ, 1АФ 2АВ, 2АФ 3АВ, 3АФ
	а также неиспользуемые для коксования:		
	Г	2Г	—
	ГЖ	1ГЖ, 2ГЖ	—
	Ж	2Ж	—
	К	1К 2К	1КВ, 1КФ 2КВ, 2КФ
3.2. Цемент	Все марки, группы, подгруппы бурых углей и антрацитов		
	Д	—	ДВ
	ДГ	—	ДГВ, ДГФ
	СС	1СС, 2СС 3СС	—
	ТС	—	ТСВ, ТСФ
	Т	1Т 2Т	1ТВ, 1ТФ 2ТВ, 2ТФ
	а также марки углей, неиспользуемые для коксования:		
	Г	2Г	—
	ГЖО	1ГЖО	1ГЖОВ, 1ГЖОФ
	КС	1КС 2КС	1КСВ, 1КСФ 2КСВ, 2КСФ
	КСН	—	КСНВ, КСНФ
3.3. Кирпич	Неиспользуемые для коксования угли всех марок, групп, подгрупп		
4. Прочие			
4.1. Производство углеродных адсорбентов	Д	—	ДВ
	Г	1Г	1ГВ
	ГЖО	1ГЖО 2ГЖО	1ГЖОВ 2ГЖОВ
4.2. Производство активного угля	СС	3СС	—
	Т	2Т	2ТФ
	Т	2Т	2ТФ
4.3. Агломерация руд	А	1А 2А 3А	1АВ, 1АФ 2АВ 3АВ

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Раздел I. РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	5
Глава 1. Основные тенденции развития и направления использования минеральных ресурсов в мире и России	5
Глава 2. Характеристика месторождений полезных ископаемых	10
Глава 3. Стадийность, виды и методы проведения геологоразведочных работ.....	16
3.1. Стадийность проведения геологоразведочных работ	16
3.2. Аналитические исследования.....	27
3.3. Геофизические исследования	29
3.4. Геохимические исследования.....	33
3.5. Запасы полезных ископаемых.....	33
3.6. Ведение геологической документации	44
Раздел II. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	52
Глава 4. Основные сведения о подземной разработке месторождений полезных ископаемых	52
Глава 5. Основные сведения о технологии подземной разработки угольных месторождений	55
Глава 6. Основные сведения об открытой разработке месторождений полезных ископаемых	59
Раздел III. ОБОГАЩЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	63
Глава 7. Качество и технологии получения минерального сырья	63
Глава 8. Характеристика углей и их обогащение	72
Раздел IV. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	89

Глава 9. Экономическая оценка проектов по разработке месторождений полезных ископаемых	89
Глава 10. Экология и рациональное использование недр	95
10.1. Основы рационального недропользования	95
10.2. Оценка экономического ущерба окружающей природной среде от загрязнения	99
10.3. Экономический эффект от проведения природоохранных мероприятий	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ, ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	108
Темы рефератов	108
Контрольные вопросы по темам семинарских занятий	108
Вопросы к зачету	111
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	112
ПРИЛОЖЕНИЯ	114
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Металлические полезные ископаемые	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Определение качества минерального сырья	134
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Промышленные классификации углей	139