

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Е. Д. ШПАЙХЕР, В. А. САЛИХОВ**

**МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ  
РАЗВЕДКА**

*Издание второе переработанное и дополненное*

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

НОВОКУЗНЕЦК

2003

УДК 622.2 + 622.1 (075)

Шпайхер Е. Д., Салихов В. А. Месторождения полезных ископаемых и их разведка: Учебное пособие. –2-е изд., перераб. и доп. / СибГИУ. - Новокузнецк, 2003. - 239 с.

Приведены общие сведения о месторождениях полезных ископаемых и об основных направлениях развития минерально-сырьевой базы в мире и в России. Дана современная промышленно-генетическая классификация месторождений, описаны процессы и условия их образования. Приведены сведения о стадийности и порядке проведения геологоразведочных работ при разведке месторождений полезных ископаемых. Отдельно дана характеристика наиболее значительных месторождений Кемеровской области, во многом определяющих ее экономическое развитие, а также минерально-сырьевой базы Западно-Сибирского и Кузнецкого металлургических комбинатов. Предназначено для студентов горных специальностей вузов.

Рецензенты: кафедра минералогии и геохимии Томского государственного университета (зав. кафедрой, проф. Летувнинкас А. И.); кафедра геологии Кузбасского технического университета (доцент Митюшин А. М.).

Печатается по решению редакционно-издательского совета университета.

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2003 г.

ISBN 5 – 7806 – 0089 – 9

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
Введение .....	4
<b>ГЛАВА 1. Условия образования месторождений полезных ископаемых</b> .....	15
1.1. Морфология тел полезных ископаемых .....	15
1.2. Геологические факторы, контролирующие локализацию месторождений полезных ископаемых .....	21
1.3. Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых .....	24
1.4. Промышленная классификация .....	39
<b>ГЛАВА 2. Металлические полезные ископаемые</b> .....	41
2.1. Черные металлы (железо, марганец, хром) .....	41
2.2. Цветные металлы (алюминий, медь, свинец, цинк) .....	53
2.3. Благородные металлы (золото) .....	64
<b>ГЛАВА 3. Неметаллические полезные ископаемые</b> .....	71
3.1. Строительные полезные ископаемые .....	71
3.2. Горнохимическое сырье (фосфориты) .....	71
3.3. Горнорудное неметаллическое сырье (алмазы) .....	73
<b>ГЛАВА 4. Горючие полезные ископаемые</b> .....	77
4.1. Краткие сведения и основные направления использования горючих полезных ископаемых .....	77
4.2. Ископаемые угли .....	77
4.3. Происхождение ископаемых углей .....	79
4.4. Стадийность процесса образования углей .....	81
4.5. Метаморфизм углей .....	82
4.6. Петрографический состав углей .....	83

4.7. Химический состав, технические и технологические свойства углей .....	84
4.8. Понятие об угленосной толще и угольном пласте .....	90
4.9. Типы угольных бассейнов .....	93
4.10. Характеристика основных угольных бассейнов России .....	94
<b>ГЛАВА 5. Полезные ископаемые Кемеровской области .....</b>	<b>105</b>
5.1. Черные металлы (железо, марганец) .....	106
5.2. Цветные металлы (алюминий, свинец, цинк) .....	120
5.3. Благородные металлы (золото) .....	128
5.4. Неметаллические полезные ископаемые флюсовые известняки, (доломиты, кварциты, фосфатное сырье, мрамор, тальк, цеолиты, каолины) .....	132
5.5. Горючие полезные ископаемые .....	144
<b>ГЛАВА 6. Минерально-сырьевая база Кузнецкого и Западно-Сибирского металлургических комбинатов .....</b>	<b>174</b>
<b>ГЛАВА 7. Разведка месторождений полезных ископаемых .....</b>	<b>207</b>
7.1. Стадийность проведения геологоразведочных работ .....	208
7.2. Аналитические исследования .....	220
7.3. Геофизические исследования .....	223
7.4. Геохимические исследования .....	227
7.5. Запасы полезных ископаемых .....	228
7.6. Геологическая документация при разведке месторождений полезных ископаемых .....	233
Рекомендуемая литература .....	236

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина "Месторождения полезных ископаемых" тесно связана с горными дисциплинами, усвоение которых невозможно без знания геологических условий разработки полезных ископаемых. Учебное пособие написано на основании типовых программ специальных дисциплин для студентов горных специальностей вузов, утвержденных УМО вузов Российской Федерации по горному образованию. Пособие содержит необходимые для будущего горного инженера и горного инженера-менеджера сведения об условиях образования и геологической обстановке разрабатываемых месторождений полезных ископаемых различных промышленно-генетических типов. Приведены сведения о стадийности и порядке проведения геологоразведочных работ. Учитывая специфику подготовки специалистов горного профиля для горнодобывающих предприятий Кузбасса, детально рассмотрены наиболее значительные месторождения Кемеровской области, приведены подробные сведения о Кузнецком угольном бассейне. Кроме того, дана характеристика железорудных месторождений Хакасии, Восточной Сибири, Горного Алтая, Казахстана и Урала, являющихся минерально-сырьевой базой Кузнецкого металлургического и Западно-Сибирского металлургического комбинатов. Приведен обзор современного состояния и основных направлений развития минерально-сырьевой базы в мире и России.

Авторы искренне признательны за замечания и пожелания по структуре и содержанию книги заведующему кафедрой геологии и геодезии СибГИУ Епифанцеву О. Г. Особую благодарность авторы выражают рецензентам: зав. кафедрой минералогии и геохимии Томского госуниверситета профессору Летувнинкасу А.И. и доценту кафедры геологии КузГТУ Митюшину А. М.

## ВВЕДЕНИЕ

Понятие о полезных ископаемых, руде и месторождениях, кондициях

Основной задачей учения о месторождениях полезных ископаемых (МПИ) является установление условий образования и закономерностей распространения в земной коре месторождений тех или иных полезных ископаемых; к конкретным задачам относятся: изучение специфических особенностей геологического строения месторождений полезных ископаемых различных генетических типов, определение закономерностей геологической связи рудных тел с вмещающими породами, установление общих практических положений об экономическом значении определенных генетических типов месторождений тех или иных полезных ископаемых и отдельных месторождений в зависимости от качества и количества руды и других условий.

*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.

Выделяют три группы полезных ископаемых: металлические, неметаллические и горючие.

Металлические полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов.

Неметаллические полезные ископаемые объединяют строительные материалы (естественные и искусственные), рудоминеральное неметалли-

ческое сырье (слюды, графит, алмазы) и химическое минеральное сырье (калийные соли, фосфаты, сера).

Горючие ископаемые используются как энергетическое и металлургическое топливо; продукты их переработки служат сырьем для химической промышленности.

**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 кондициям 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.

***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 титаномагнетитовых месторождениях Урала), полезных и вредных примесей. Для железных руд полезные примеси - Mn, Cr, W, Mo, Ni и др., а вредные - S, P, As, Zn. Для неметаллических полезных ископаемых общие кондиции отсутствуют, а для каждого вида минерального сырья разрабатываются отдельно. Так, например, для алмазов качество полезного ископаемого определяется чистотой окраски, отсутствием дефектов кристаллической структуры, крупностью обломков кристаллов. Для горючих полезных ископаемых (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



ние мероприятий по охране природы являются важнейшим и неперенным условием разведки, разработки и эксплуатации месторождений. Примером может служить сложившаяся в последние годы практика проведения экологических экспертиз действующих горнодобывающих предприятий и готовящихся к эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

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 стройиндустрией. В последние десятилетия все более широкое применение находят редкие и рассеянные элементы, играющие большую роль в техническом прогрессе человеческого общества, развитии атомной, реактивной и ракетной техники, радиоэлектронике, производстве полупроводников и сверхтвердых сплавов.

В связи с распадом СССР резко изменилась ситуация с обеспеченностью сырьем металлургических и других перерабатывающих предприятий России. В частности в соседних странах СНГ оказались наиболее крупные месторождения высококачественных руд хрома (Кимперсайское, Казахстан), марганца (Чиатуры, Грузия и Никопольское на Украине). Резко сократилась обеспеченность запасами золота, циркония, титана из-за потери титано-циркониевых россыпей Украины и крупных по запасам и добыче золоторудных месторождений Средней Азии (в первую очередь месторождения Мурунтау в Узбекистане). Весьма ощутимы потери запасов ртути (Никитовка, Украина), фосфоритов (Каратау, Казахстан), газовых месторождений Туркмении и других видов полезных ископаемых.

В этой критической ситуации практический интерес приобрели месторождения Кемеровской области - Усинское (марганец), Белкинское

(фосфориты), титано-циркониевые россыпи, расположенные на северо-востоке области и некоторые другие.

## **КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Одним из основоположников учения о МПИ является Агрикола, который в 1546 г. составил труд "О горном деле и металлургии". Он считал, что все месторождения образовались путем отложения в трещинах земной коры минеральных веществ из метеорных (поверхностных) вод.

Декарт сто лет спустя в 1644 г. высказал противоположную точку зрения, что земля - это остывшая звезда с еще горячим ядром, и что все рудные минералы были извлечены из глубинной металлоносной зоны и отложены в трещинах охлажденной земной коры.

Лишь в середине XVIII века М.В. Ломоносов высказал точку зрения, близкую к современной. Он считал, что месторождения возникают за счет внутренней энергии земли и за счет поверхностных вод. Взгляды Ломоносова не получили в то время развития. Основные работы Ломоносова по этому вопросу: "О слоях земных", "Первые основания металлургии или рудных дел" и "Слово о рождении металлов от трясения земли". Происхождение металлов он связывал с "подземным жаром в сердце земном".

Последующий период был преимущественно накопительным (1750-1877 гг.). Большой вклад в учение о МПИ внес А.П. Карпинский, им впервые был составлен обзор МПИ в нашей стране. В 1912 г. К.И. Богдановичем был выпущен первый учебник МПИ на русском языке, где он дал морфологическую классификацию месторождений, привел исчерпывающее описание всех отечественных и многих зарубежных месторождений.

К числу наиболее крупных ученых геологов, внесших вклад в учение о МПИ, следует отнести: В.А. Обручева, А.Н. Заварицкого, А.Е. Ферсмана, А.Г. Бетехтина, С.С. Смирнова, В.М. Крейтера, И.Ф. Татарина, В.И.

Смирнова, П.И. Степанова, Ю.А. Жемчужникова. Ими заложены современные представления о закономерностях образования различных типов полезных ископаемых и созданы теоретические предпосылки развития минерально-сырьевой базы в нашей стране. В настоящее время Российская школа металлогенистов является ведущей в мировой геологической науке.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ В МИРЕ И В РОССИИ**

Развитие мировой экономики сопровождается неуклонным ростом использования минеральных ресурсов. По имеющимся данным за 1961 - 1994 гг. мировое потребление нефти превысило 80 млрд. т, природного газа 55 трлн. м<sup>3</sup>, что соответствует примерно 80 - 85 % общего объема их потребления за всю историю развития человеческой цивилизации. Из добытых за последние 100 лет 185 млрд. т угля и 45 - 50 млрд. т железной руды на этот период приходится более половины. Потребление других металлов увеличилось за 1961 - 1994 гг. по сравнению с предыдущим периодом в 3 - 5 раз и более, сырья для производства минеральных удобрений в 3 - 3,5 раза, других видов неметаллических полезных ископаемых в 3 - 5 раз.

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

Являясь базисом развития экономики, минеральные ресурсы во многом определяют экономический потенциал любой страны, размещение и развитие производительных сил. В развитых странах в горно-промышленном комплексе сосредоточено от 20 до 40 % капитальных вло-

жений и занято до 20 % трудовых ресурсов. Общий ежегодный объем продукции мирового горно-промышленного производства по экспертным оценкам составляет 0,8 - 1,0 трлн. долл США, из них на топливно-энергетическое сырье приходится свыше 70 %. Доля России в общемировом горно-промышленном производстве в 1994 г. составила свыше 14 %.

Для мировой экономики характерна дифференциация добычи и потребления минерального сырья. Развитые страны рыночной ориентации, в которых проживает 16 % населения земного шара, добывают около 35 % от мирового объема, а потребляют более 50% добытого сырья. В то же время в развивающихся странах добывается около 35 % объема сырья, а потребляется менее 21 % при численности населения 52 % от мировой. Во всех остальных странах (включая страны с бывшей плановой или переходной 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 % 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.

Таким образом, в развитых странах удельное потребление минерального сырья (в расчете на 1% населения Земли) почти в 8 раз превышает уровень потребления развивающихся стран и в 3,8 раза - других стран (табл. 1).

**ТАБЛИЦА 1**

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

Страны	Население,	Добыча, всего	Добыча на 1 % населения	Потребление, всего	Потребление на 1 % населения

	%		ния		ния
<b>Разви- тые</b>	1 6	35	2,18	52	3,24
Разви- вающиеся	5 2	35	0,68	21	0,40
Осталь- ные (в том числе с быв- шей плановой экономикой)	3 2	30	0,94	27	0,85
в том числе Россия	3	14	4,75	10	3,37

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

Несмотря на продолжающееся во все больших количествах извлечение из недр полезных ископаемых, их разведанные запасы продолжают нарастать благодаря опережающим геологоразведочным работам. Рекордно высокие темпы ежегодного прироста запасов в зарубежных странах за последние годы характерны для золота (6 - 7 %). По нефти, газу, каменному углю они составляют 1,5 - 2,0 %. Тенденции роста запасов сохраняются вплоть до 2010 г. (т.е. за весь период, доступный для прогноза), но с неко-

торым замедлением ежегодных темпов. Прогнозируется, что темпы роста запасов составят: по нефти - 1,2-1,4; газу - 2,4-2,5 ; железным рудам - 1,3-1,7; меди - 2,1-2,7; золоту - 3,2-4,5; алмазам - 1,3-1,6 раз.

Среди развитых стран наиболее богаты минеральными ресурсами Австралия, ЮАР, Канада, США, причем все они 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, крупными ресурсами располагают Бразилия, Мексика, Чили, Перу, Марокко, Гвинея, Заир. Громадными минерально-сырьевым потенциалом располагает Китай. Значительные запасы минеральных ресурсов имеются в Монголии, а также в ряде стран СНГ: Казахстане, Украине, Узбекистане.

По количеству учтенных запасов и разнообразию полезных ископаемых Россия занимает ведущее положение в минерально-сырьевой базе мира, но уступает основным мировым производителям продукции минерального сырья по качеству и технико-экономическим показателям разработки разведанных месторождений руд некоторых черных и цветных металлов, отдельных видов неметаллического сырья. Особенно значима роль России в мировой минерально-сырьевой базе топливно-энергетических ресурсов, никеля, платины и некоторых других полезных ископаемых.

Минерально-сырьевой потенциал является главным экономическим достоянием России. По объему разведанных запасов минерального сырья страна занимает ведущее положение в мире. В недрах России, территория которой составляет 10 % суши Земли, сосредоточено 13 % разведанных мировых запасов нефти, 35 % - газа, 12 % - угля, 27 % - железных руд, значительная часть запасов золота, алмазов, цветных и редких металлов. Валовая потенциальная ценность выявленных и разведанных по состоянию на 01.01.95 г. запасов полезных ископаемых России многократно превышает

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

**ТАБЛИЦА 2**

*Распределение валовой потенциальной ценности разведанных (категории A + B + C<sub>1</sub>) и предварительно оцененных (категория C<sub>2</sub>) запасов основных видов полезных ископаемых России*

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

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

В значительных объемах добываются также другие виды минерального сырья. Высокий удельный вес России в мировых запасах и добыче минерального сырья предопределяет долговременную минерально-сырьевую ориентацию экономики страны, а также необходимость развития отраслей, связанных с добычей и переработкой полезных ископаемых.



# I. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

## 1.1. МОРФОЛОГИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рудным телом полезного ископаемого называется ограниченное со всех сторон скопление природного минерального сырья, приуроченное к определенному структурно-геологическому элементу или комбинации элементов.

Для месторождений твердых полезных ископаемых выделяются три морфологических типа рудных тел: изометричные, плоские и вытянутые в одном направлении.

1. Изометричные тела полезных ископаемых (рис. 1):

а) **Шток** - крупная изометрическая залежь сплошного или почти сплошного минерального сырья. Примеры: штоки каменной соли, хромитов.

б) **Штокверк** - изометричный или близкий к нему объем горной породы, пронизанный мелкими жилками и насыщенный вкрапленностью минерального вещества. Примеры: рудные тела месторождений меди, молибдена, олова, золота и др.

в) **Гнездо** - относительно не крупное локальное скопление полезного ископаемого. Примеры: тела некоторых месторождений свинца, цинка, золота, ртути, хромита.

2. Плоские тела полезных ископаемых (рис. 2):

а) **Пласт** - геологическое тело осадочного генезиса, отделенное от других пород плоскостями напластования. Пласт - сингенетическое образование, имеющее небольшую мощность и значительную площадь. Примеры: пласты угля, каменной соли, гипса, марганцевых и железных руд, бокситов.

б) *Жила* - плитообразное тело, выполненное минеральным веществом полезного ископаемого. Поверхности соприкосновения жил с вмещающими породами называются зальбандами. Длина жил колеблется в очень широких пределах - от коротких прожилков до колоссальной по протяженности (200 км) жилы Мазерлоуд в Калифорнии. Мощность жил колеблется от нескольких сантиметров до десятков и даже сотен метров. По падению они прослеживаются на значительное расстояние (свинцовая жила на Садонском месторождении на 1,5 км, золоторудные кварцевые жилы Колар в Индии на 3,2 км).

Для жил характерны выклинивания, пережимы, раздувы, апофизы. По форме и очертаниям выделяют простые одиночные жилы и сложные жилы. Известны и другие формы жил: лестничные, сетчатые, камерные, четковидные. Жилы обычно залегают группами, образуя системы - параллельную, сопряженную, радиальную, веерообразную, кольцевую, "конского хвоста" и др.

При неравномерном распределении минералов, выполняющих жилы, они характеризуются чередованием участков, обогащенных и разубоженных ценными компонентами. Такие богатые участки в теле жилы называются рудными столбами. По внешнему виду они обычно не отличаются от окружающих пород и их очертания устанавливаются опробованием. Известны рудные столбы: сульфидные, шеелитовые, касситеритовые и др. Размеры рудных столбов варьируют в широких пределах. Так, например, на Центральном золоторудном месторождении (Мариинская тайга) имеются горизонтальные и слабо наклонные рудные столбы при соотношении ширины и длины 1:6 - 1:10, длина по склонению 100 м, редко 300 - 400 м. А на месторождениях Мазерлоуд и Гресс Валлей (США) длина рудных столбов по склонению достигает 1,5 - 2,5 км.

в) *Линзообразные тела* - рудные залежи, приближающиеся по форме к линзам, постепенно выклинивающимся по периферии.

г) *Донные залежи* - пластообразные тела, образованные в результате процессов ликвации при формировании магматических медно-никелевых месторождений. Они приурочены к нижней, донной части магматических тел.

д) *Пластообразные залежи* - тела полезных ископаемых неосадочного происхождения, близкие по форме к пластам. Они являются одним из важнейших морфологических типов гидротермальных месторождений.

3. Вытянутые по одной оси рудные тела:

*Трубки или трубообразные залежи*: трубообразную форму имеют оловянные, реже молибденовые месторождения в Австралии; приуроченные к трубкам взрыва, кимберлитовые трубки в Южной Африке и Якутии (рис. 3). Поперечное сечение алмазоносных трубок Якутии колеблется от 100 до 1000 м.

Необходимо отметить, что часто в месторождениях, особенно постмагматических, преобладают рудные тела сложной формы, представляющей собой комбинацию вышеприведенных морфологических типов.

Полезные ископаемые характеризуются также текстурой и структурой.

*Текстура* полезных ископаемых определяется пространственным взаиморасположением минеральных агрегатов, отличающихся друг от друга по составу, форме, размерам и структуре (рис. 4). *Структура* определяется формой, размерами и способом сочетания отдельных минеральных зерен или их обломков в пространственно обособленных минеральных агрегатах

(рис. 5).

## **1.2. Геологические факторы, контролирующие локализацию месторождений полезных ископаемых**

Выделяются четыре группы геологических факторов, контролирующих оруденение: структурные, литологические, стратиграфические и магматические; для локализации различных типов МПИ факторы каждой группы имеют то меньшее, то большее значение.

### **1.2.1. МАГМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ**

Основными факторами магматического контроля оруденения являются:

а) связь определенных эндогенных месторождений с магматическими горными породами;

б) закономерное распределение месторождений по отношению к интрузивным массивам.

По составу среди изверженных пород обычно выделяются ультраосновные (перидотиты, пироксениты, дуниты), основные (габбро, нориты, анортозиты), умеренно кислые (диориты, гранодиориты), кислые (граниты) и щелочные (сиениты).

С ультраосновными породами тесно связаны месторождения хрома, платины и алмазов, залегающие всегда внутри дунитоперидотитовых интрузивов.

С основными породами ассоциируются титано-магнетитовые и сульфидно-никелевые месторождения. Титано-магнетитовые месторождения залегают в габброидных массивах в виде шлиров, пластообразных тел и даек. Сульфидно-никелевые месторождения располагаются преимущественно по периферии и в придонных частях хорошо раздифференцированных массивов в виде жил и висячих залежей.

Со средними и кислыми породами связано подавляющее большинство эндогенных месторождений черных, цветных и благородных металлов.

При этом лишь незначительная часть их залегает в теле самих интрузивов, остальные же размещаются в породах кровли, иногда на значительном расстоянии от материнских интрузий, что весьма затрудняет установление между ними генетических связей.

### **1.2.2. СТРУКТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ**

Структурный контроль имеет большое значение при оценке эндогенных и осадочных месторождений полезных ископаемых. Различают региональные геологические структуры, контролирующие положение рудных провинций, поясов, полей и месторождений, и локальные, контролирующие распределение рудных тел и столбов.

К региональным рудоконтролирующим структурам относятся складчатые зоны, крупные разломы, надвиги и зоны смятия. В пределах складчатых зон наиболее благоприятны для локализации оруденения антиклинальные структуры и купола поднятий.

Преимущественная локализация оруденения в антиклинальных и куполовидных структурах определяется более интенсивной тектонической подготовкой этих структур при складкообразовании. Особенно благоприятны для оруденения шарниры складок, где создаются максимальные напряжения на изгиб и легче, чем в других частях складок развиваются зоны дробления и трещиноватости. Одновременно на крыльях антиклиналей, чаще чем в синклинальных прогибах, образуются разрывы, сбросы и надвиги, являющиеся хорошими рудоподводящими и рудораспределяющими каналами, а иногда и рудовмещающими структурами.

Локальные структуры контролируют распределение рудных тел в пределах месторождений и рудных столбов внутри рудных тел. Для магматических месторождений ведущую роль играют структуры вмещающих интрузивов. Тектонические и контракционные трещины, образующиеся

внутри интрузивов и во вмещающих породах, играют ведущую роль в локализации рудных залежей, имеющих самые различные формы.

### **1.2.3. СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ**

Этот фактор играет главную роль для размещения месторождений угля, нефти, нерудных полезных ископаемых, осадочных месторождений железа, марганца, алюминия, меди, ванадия, урана и др., россыпей. Среди факторов стратиграфического контроля различают региональные и локальные.

К региональным факторам прежде всего относят геосинклинальные зоны, области развития которых контролируют многочисленное оруденение. Так, к ним приурочены наиболее мощные залежи фосфоритов; к периферическим частям зон приурочены осадочные месторождения железа и марганца.

Примером воздействия локальных факторов могут служить отложения лагун, с которыми связаны минеральные соли, гипсы, месторождения серы и др. Поверхности эрозии, отмеченные стратиграфическими несогласиями, являются благоприятными для накопления бокситов, погребенных россыпей золота, месторождений нефти, газа.

#### **1.2.4. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ**

Среди этих факторов, контролирующих оруденение, различают влияние физических и химических свойств пород.

Из физических свойств наиболее важны хрупкость и пористость (проницаемость) пород. Хрупкие породы растрескиваются с образованием открытых полостей, облегчающих циркуляцию рудных растворов и отложение руд. Аналогичную роль играет пористость пород, с которой иногда связано избирательное рудоотложение с образованием рудных тел в зонах оптимальной пористости.

По химическим свойствам породы делятся на химически активные - карбонатные и инертные - силикатные. В общем случае карбонатные породы проявляют более высокую способность к избирательному замещению и рудоотложению. Известна важная роль в рудоотложении органики, битумов и других веществ.

### **1.3. Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых**

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.

#### **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.

### 1.3.1. ЭНДОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Эндогенные месторождения разделяются, учитывая характер физико-химической системы, породившей руду, на три категории:

1. Магматические.
2. Пегматитовые.
3. Постмагматические.

**Магматические месторождения**

К магматическим относятся месторождения, образовавшиеся при процессах дифференциации и кристаллизации магмы непосредственно во вмещающих изверженных породах. Эти месторождения образуются на больших глубинах при температуре 700 - 1500 градусов Цельсия и давлениях в сотни атмосфер. В месторождениях магматического генезиса рудные концентрации образуются на ранних стадиях застывания расплава, либо в наиболее поздней стадии кристаллизации. Наконец, однородный си-



ликатный расплав, богатый серой и тяжелыми металлами, может быть разделен на собственно силикатный расплав и расплав, обогащенный сульфидами тяжелых металлов, который, отделяясь (в определенных физико-химических условиях) может создать промышленные скопления.

Так, при кристаллизации магмы одновременно с силикатами кристаллизуются некоторые рудные минералы - хромит, платина, редкоземельные (лопарит и др.). Эти минералы способны кристаллизоваться раньше или одновременно с силикатными минералами, опускаясь под действием сил гравитации на дно магматического очага, они образуют участки повышенных концентраций, которые отличаются от вмещающих пород только содержанием рудного минерала. Месторождения образуются среди ультраосновных пород (дунитов и перидотитов) и представлены хромитами (месторождения Южной Африки, Сарановское и некоторые другие месторождения Урала), платиноидами (Бушвельд, ЮАР), среди щелочных гранитов (месторождения монацита и колумбита, Нигерия), и щелочных пород (месторождения лопарита в сиенитах Хибинских гор).

Рудный остаточный расплав под влиянием минерализаторов накапливается и затвердевает в последние стадии кристаллизации в магмах разнообразного состава. Рудные минералы представлены хромитом и платиной в ультраосновных породах; титано-магнетитом в основных породах; магнетитом и апатитом в сиенитах; апатитом и нефелином в щелочных породах.

Промышленные концентрации никеля и меди образуются среди основных и ультраосновных пород (габбро, норитов, пироксенитов). При падении температуры расплава (ниже  $1500^{\circ}\text{C}$ ) уменьшается растворимость сульфидов и они постепенно концентрируются в придонных частях магматического очага с образованием рудных шпир и залежей. К этому типу от-

носятся крупнейшие медно-никелевые месторождения Канады, России (Монче-Тундра, Печенга, Норильск).

#### Пегматитовые месторождения

Пегматиты и находящиеся в них полезные ископаемые принадлежат к самостоятельной группе позднемагматических образований, формирующихся на самых завершающих ступенях отвердевания интрузивных массивов и располагающихся близ их кровли. Пегматиты образуют дайкообразные, линзообразные залежи и жилы. Длина пегматитовых тел обычно небольшая, редко превышает первые сотни метров. Подавляющая часть пегматитов образовалась в глубинных условиях при высоких давлениях. Характерными особенностями их являются:

- а) крупные и гигантские размеры зерен минералов;
- б) особая структура и текстура, выражающаяся часто в закономерном срастании минералов и зональном строении пегматитовых тел;
- в) сложные минеральные ассоциации, среди которых значительное место занимают минералы с легколетучими компонентами ( $H_2O$ , F, Br, Cl, OH) и редкими металлами (Li, Rb, Cs, Be, Nb, Zr, U, Sc и др.).

По данным геотермометрических исследований пегматиты образуются в широком диапазоне температур от 750 до 450<sup>0</sup> С. Контакты тел пегматитов с вмещающими материнскими породами постепенные; если пегматитовые тела размещены в инородных породах, контакты резкие и вдоль них развиваются измененные зоны и оторочки. Породообразующими минералами пегматитов являются кварц, полевые шпаты и слюды. Большинство минералов, концентрирующихся в пегматитах, в месторождениях иных генетических типов представляют большую редкость - это топаз, турмалин, монацит, сподумен, лепидолит и др.

Известны многочисленные находки уникальных по размерам кристаллов минералов в пегматитах. Так, пластины мусковита достигают ве-

личины 3 - 5 м<sup>2</sup>; в музее ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург) есть оконная рама, в которой вместо стекла вставлен кристалл мусковита. В пегматитовых жилах Норвегии отдельные кристаллы микроклина достигают размера 10 x 10 м и веса 100 т. В Ильменских горах (Урал) имеется каменоломня, заложенная в одном кристалле амазонита, на Урале известны кристаллы топаза весом 27-60 кг, турмалина - 2-3 м в длину, сподумена - до 2 м в длину и нескольких сантиметров толщины. В волынских пегматитах обнаружен кристалл мориона весом 10 т и длиной более 2 м. На одном из месторождений США отдельные кристаллы берилла достигали веса 18 т, а скопления колумбита - 1 т.

#### Постмагматические месторождения

Эти месторождения всегда возникают позже тех пород, которые их вмещают. Они образуются под воздействием остаточных магматических расплавов. Процесс рудообразования может происходить на глубинах 300 - 4500 м от поверхности в интервале температур 450 - 500° С. В процессе охлаждения магматического очага сначала из него выделяются летучие компоненты, которые сами по себе способны образовывать месторождения. Позднее при понижениях температуры летучие переходят в горячие водные растворы (гидротермы), в результате циркуляции которых возникают гидротермальные месторождения.

## ***1. Контактво-метасоматические месторождения***

Эти месторождения образуются на контактах интрузивных и вмещающих (чаще всего карбонатных) пород в результате воздействия газовых и гидротермальных растворов.

**Метасоматоз** - процесс замещения горной породы с существенным изменением ее минералогического, а следовательно, и химического состава. Минералы, слагающие породу, растворяются, а на их место отлагаются новые минеральные образования. В процессе замещения порода остается твердой. Метасоматические явления чрезвычайно широко распространены в земной коре, и особенно большую роль они играют при образовании скарновых и гидротермальных месторождений. Масштабы и интенсивность проявления метасоматоза зависят от пористости и проницаемости пород. Легче замещаются известняки, затем изверженные породы, значительно хуже замещаются гнейсы, филлиты и кварциты.

Контактный метаморфизм вызван высокой температурой жидкого расплава и выражается в перекристаллизации боковых пород. При перекристаллизации известняков образуются мраморы, кварцевых песчаников - кварциты, глинистых сланцев - роговики.

В процессе высокотермального метасоматоза на контактах гранитов, гранодиоритов и сиенитов с вмещающими их карбонатными, реже силикатными породами образуются скарны вместе с находящимися с ними в тесной ассоциации многими рудными минералами.

Среди скарнов из рудных месторождений наиболее крупные по запасам - магнетитовые месторождения железных руд (Кустанайские, Уральские, Горно-Шорские и др.). Однако, в общем балансе железорудных месторождений скарновый тип имеет подчиненное значение. Скарновые полиметаллические месторождения представлены линзами, гнездами и вкрапленностью сульфидов свинца и цинка среди пироксен-гранатовых скар-

нов (месторождения: Дальнегорское в России и Франклин-Ферное в США). Из золоторудных скарновых месторождений в качестве примеров можно привести Синюхинское в Горном Алтае и Натальевское в Кузнецком Алатау.

## ***2. Гидротермальные месторождения***

Развиты значительно шире других генетических типов эндогенных месторождений и являются очень важными в практическом отношении.

Гидротермальные месторождения создаются циркулирующими под поверхностью земли горячими минерализованными газо-жидкими растворами. Скопления полезных ископаемых гидротермального генезиса возникают как вследствие отложения минеральных масс в пустотах пород, так и в связи с замещением последних.

Пути движения растворов служат поры и трещины в породах. Причиной движения растворов является, с одной стороны, их всасывание в трещины, так как в момент приоткрывания трещин в них образуется вакуум; с другой стороны, движение растворов кверху происходит под действием давления, выжимания их массой вышележащих горных пород.

На образование и локализацию гидротермальных месторождений значительное влияние оказывает состав вмещающих пород (литология), а в первую очередь их физические свойства - пористость, пластичность, хрупкость и анизотропия механических свойств.

Гидротермальные месторождения, образующиеся на значительных и умеренных глубинах (более 1 км) характеризуются разнообразием форм рудных тел, определяемых многими факторами. Среди них наиболее важными являются проявления дорудной и внутрирудной трещинной тектоники, строение и состав вмещающих пород, наличие экранирующих горизонтов. В ряде случаев существенное влияние на форму рудных тел оказывает послерудная тектоника, выражающаяся в сбросах и складчатости. Выкли-

нивание рудных тел по простиранию и падению может быть простым и сложным вследствие разветвления тела на многочисленные жилки. Протяженность на глубину наиболее крупных и выдержанных рудных тел составляет до 1000 м и более.

Наиболее характерными формами рудных тел являются простые жилы, линзы, гнезда и столбообразные тела. Иногда встречаются тела сложной формы: штокверки, рубцовые, лестничные жилы. Нередко возникают пластообразные залежи. Для медных порфирововкрапленных руд часто характерны крупные штокообразные залежи или тела неправильной формы.

Гидротермальные месторождения малых глубин имеют протяженность на глубину до 500 м, крайне редко до 800 м. Длина рудных жил по простиранию от десятков до сотен метров, а иногда до нескольких километров (например, жила серебряного месторождения Пачука в Мексике). Первичная зональность выражена слабо. Пространственное распределение в рудных телах полезных компонентов крайне неравномерное: наряду с очень богатыми участками (рудными столбами) отмечаются слабо оруденелые или безрудные участки. По форме тел можно выделить жилы, линзы, гнезда, трубообразные и неправильные залежи.

### **1.3.2. ЭКЗОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Экзогенные месторождения полезных ископаемых возникают в результате геологических процессов, протекающих в поверхностной зоне земной коры. Среди них выделяют месторождения выветривания и осадочные месторождения.

#### **Месторождения выветривания**

**Выветривание** - процесс механического и химического разрушения горных пород под влиянием колебаний температуры, воды, газов, в результате деятельности растительных и животных организмов.

Верхняя часть земной коры, где происходят процессы выветривания, называется корой выветривания. Накопление вещества полезного ископаемого в коре выветривания происходит двумя путями.

Во-первых, вследствие растворения и выноса приповерхностными водами пустых горных пород, вещество полезного ископаемого накапливается в остатке. Такие месторождения называются остаточными.

Во-вторых, наоборот, в связи с растворением этими водами ценных компонентов горных пород, их инфильтрацией и переотложением в нижней части коры выветривания. Такие месторождения называются инфильтрационными.

***Остаточные месторождения*** образуются в результате преобладания процессов химического выветривания, существенно отличаются от исходных пород. Основные реагенты — вода, свободный кислород, углекислота, органические кислоты и другие соединения.

В зоне выветривания наиболее распространенных в земной коре магматических и метаморфических пород происходит разложение силикатов (гидролиз), с образованием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  и др. Процесс выветривания зависит от климатических условий и рельефа местности.

Промышленное значение остаточных месторождений особенно велико для бокситов, каолинов, а также для никеля и кобальта.

***Инфильтрационные месторождения.*** Часть продуктов выветривания, переходя в водные растворы, уносится поверхностными водами в область циркуляции грунтовых вод в виде разбавленных растворов, которые медленно действуют на окружающие породы. Встречая активные породы, эти воды растворяют некоторые компоненты вмещающих пород, вместо них отлагают свой полезный груз, а также метасоматически замещают боковые породы. Так возникают месторождения железа, марганца, ванадия, урана, фосфоритов, боратов, гипса и магнезита. Существенное промыш-

ленное значение имеют инфильтрационные месторождения ванадия, урана, фосфоритов и боратов.

### **Осадочные месторождения**

Образование осадочных месторождений происходит по схеме: разрушение → перенос → отложение → диагенез.

Разрушению под действием экзогенных геологических процессов подвергаются все горные породы и другие минеральные образования, выходящие на дневную поверхность.

Перенос растворимых и нерастворимых продуктов разрушения производится преимущественно текучими поверхностными водами, в меньшей степени ветром, ледниками, водами морей.

Отложение совершается в благоприятных местах либо в виде механических осадков кластического материала, либо в виде химических осадков путем кристаллизации из истинных насыщенных растворов или коагуляции коллоидных растворов, либо в виде биохимических осадков, в образовании которых основная роль принадлежит процессам жизнедеятельности животных и растительных организмов, а также бактерий. Осадочные месторождения образуются в поверхностных условиях, в водной среде, при температуре до 50<sup>0</sup> С, при низком и среднем давлении.

#### ***Механические осадочные месторождения***

Образуются за счет материала, возникшего при физическом выветривании. При переносе взвешенное вещество осаждается последовательно в зависимости от формы, размера частиц, их удельного веса, скорости и массы водного потока; этот процесс называется механической дифференциацией осадков. В общем случае по мере удаления от коренного источника отлагаются более мелкие и лучше отсортированные осадки.



Среди механических осадков условно выделяются месторождения обломочных пород (валуны, галечники, гравий, пески, глины) и россыпи (золота, алмазов, платины и др.).

Механические обломочные месторождения образуются под действием водных потоков в долинах рек, озерных и прибрежных зон морей, причем, в последнем случае они являются обычно более крупными и качественными.

**Россыпи** - рыхлые или сцементированные отложения обломочного материала, содержащие полезные минералы; они образуются за счет разрушения коренных месторождений или горных пород с непромышленным содержанием полезных компонентов.

Россыпи разделяются на: **делювиальные**, возникшие в результате накопления смытых со склонов дождевыми и талыми снеговыми водами рыхлых продуктов выветривания; **аллювиальные**, сформированные водными потоками в речных долинах; **элювиальные**, образованные на месте разрушения коренных месторождений; **морские** и **озерные**; **ледниковые**. По времени образования выделяются современные и четвертичные россыпи, сложенные рыхлым материалом, и древние (дочетвертичные), сложенные рыхлым или слабоцементированным материалом.

### ***Химические осадочные месторождения***

Эти месторождения образуются в поверхностных условиях на дне морских, озерных водоемов и болот за счет минеральных веществ, находившихся ранее в растворенном состоянии в воде. Источником для образования месторождений является морская вода, а также продукты химического выветривания горных пород и руд. Растворенные вещества отлагаются на дне водоемов в виде химических осадков путем кристаллизации из истинных растворов или коагуляции из коллоидных растворов.

Для образования соляных месторождений требуется существование барров, создающих узкие заливы, через которые проходит ограниченное количество морской воды. Второе необходимое условие - природный климат в районе залива, при котором испарение воды в заливе превышает ежегодный приток воды через барр.

Ископаемые месторождения солей залегают среди осадочных горных пород различного возраста, особенно интенсивное солеобразование представлено в отложениях перми. На месторождениях солей рудные тела представлены пластовыми залежами, а в складчатых областях антиклинальными, синклинальными складками и соляными куполами. Минеральный состав залежей - гипс, ангидрит, калийные, магниевые соли, бораты. Попутно с солями извлекаются и соединения редких металлов: цезия, рубидия и других. В России наиболее крупные месторождения - в Иркутской области (Усолье), в Забайкалье и в Якутии.

Месторождения химических осадков из коллоидных растворов образуют скопления руд железа, марганца, алюминия и др.

Нередко осадочным путем образуются месторождения бокситов. Выделяются месторождения бокситов морские и озерные.

Морские месторождения геосинклинального типа залегают среди известняков и имеют форму пластов. По составу руды диаспоровые. К этому типу относятся отдельные месторождения Северного Урала (Красная шапочка и др.), Боксонское в Красноярском крае, некоторые месторождения Салаирского кряжа и др.

Озерные и долинные месторождения бокситов расположены на платформах и образованы в небольших континентальных озерах. Линзовидные и неправильные по форме залежи бокситов залегают среди песчано-глинистых отложений. По составу руды гидраргиллитовые (Каменские бокситовые залежи на Урале).

## ***Биохимические осадочные месторождения***

Возникают в результате жизнедеятельности организмов, которые концентрируют в себе большое количество тех или иных элементов. К этому генетическому типу относятся месторождения известняков, диатомитов, серы, фосфоритов и каустобиолиты.

Органогенные известняки образуются при накоплении и уплотнении скелетов морских животных, которые в процессе своей жизнедеятельности усваивали  $\text{CaCO}_3$ . Осадочные месторождения серы образуются при восстановлении сульфатов биохимическим путем. Месторождения фосфоритов образуются за счет больших скоплений фосфатных (отмерших) организмов. При разложении их фосфорнокислый кальций переходил в раствор, а затем отлагался на поверхности раковин и в виде конкреций.

Осадочные морские месторождения фосфоритов по условиям образования делятся на платформенные и геосинклинальные.

Платформенные месторождения, в образовании которых организмы играли основную роль, занимают значительные площади, но отличаются небольшой мощностью (месторождения Русской платформы).

Геосинклинальные месторождения фосфорита, в образовании которых решающую роль играли процессы осадочной химической дифференциации, имеют пластовую форму залежей, значительную их мощность (до 10 м), сложные тектонические условия залегания (месторождения Каратау, Селеук в Средней Азии).

### ***1.3.3. МЕТАМОРФОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ***

Метаморфизм - совокупность процессов, происходящих вне зоны выветривания, и обусловленных воздействием на породы высоких температур и давлений, активных химических веществ, которые существенно изменяют минеральный состав и текстуру пород в недрах литосферы.

Метаморфогенные месторождения разделяются на метаморфизованные и метаморфические.

Метаморфизованные месторождения образуются при процессах регионального и термального контактового метаморфизма за счет ранее существовавших месторождений полезных ископаемых. При этом форма, состав и строение тел полезных ископаемых приобретают метаморфические признаки, но не изменяется промышленное применение минерального сырья.

Метаморфические месторождения возникают в процессе метаморфизма горных пород, не представляющих до этого промышленной ценности, за счет перегруппировки минерального вещества.

### **Метаморфизованные месторождения**

К этому типу относятся месторождения металлических полезных ископаемых - железа, марганца, золота и урана, реже неметаллов - апатита, графита, наждака и др.

Железорудные месторождения осадочного генезиса в процессе метаморфизма превращаются в метаморфизованные. Происходит преобразование гидрооксидов железа в магнетит и гематит, опал перекристаллизуется в кварц, уменьшается количество вредных примесей. Руды приобретают облик железистых кварцитов, сидерит замещается магнетитом и кварцем. К данному типу принадлежат наиболее крупные железорудные месторождения докембрийского возраста (КМА, Хинган - Россия, Верхнее озеро - США). К метаморфизованным месторождениям относят крупнейшее в мире месторождение золота в докембрийских конгломератах - Витватерсранд, содержащее также огромные запасы урана и, собственно, ураноносные конгломераты Блайнд-Ривер. Под влиянием термального метаморфизма фосфориты Каратау на отдельных участках превращены в апатитовые руды.

## **Метаморфические месторождения**

Представлены преимущественно неметаллическими полезными ископаемыми. Известны метаморфические месторождения мраморов, кварцитов, яшм, андалузита, ставролита, графита и др.

При метаморфизме углей за счет высокой температуры изверженных пород образуются месторождения графита (Тунгусские месторождения). При динамо- и термальном метаморфизме бокситов и бокситоподобных глин, при значительном участии гидротермальных процессов, возникают метаморфические месторождения корунда (наждака). Примеры месторождений: Прииртышские на Урале, Бердские в Западной Сибири.

При региональном метаморфизме глинистых сланцев образуются метаморфические сланцы (дистеновые, силлиманитовые, андалузитовые, кианитовые), являющиеся сырьем для извлечения глинозема, огнеупорами и сырьем для получения сплавов с кремнием - силуминов. Месторождения их известны в Карелии (Кейвское), в Северном Прибайкалье (Мамские), в Бурятии (Кяхтинское), в Саянах (Кийское) и в Индии.

За счет песчаников образуются кварциты - ценный материал, применяемый в химии, металлургии, как огнеупор и абразив (месторождения: Шокшинское в Карелии, Билимбаевское на Урале, Антоновское в Западной Сибири и др.).

Метаморфизованные осадочные кремнистые породы - яшмы используются как красивый и прочный поделочный камень. Славятся месторождения яшмы Урала и Алтая (Колыванское). Вот далеко не полный перечень месторождений, образуемых при процессах метаморфизма.

### **1.4. ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ**

В практических целях важна химико-технологическая промышленная классификация, в которой металлы разделяются на группы в зависимости от их свойств, используемых в промышленности, а неметаллы класси-

фицируются по отраслям промышленности, в которых они играют ведущую роль.

#### Металлические полезные ископаемые

1. Черные и легирующие металлы: железо, марганец, хром, титан, ванадий, никель, кобальт, вольфрам, молибден.

2. Цветные металлы: медь, свинец, цинк, алюминий, олово, ртуть, сурьма.

3. Благородные металлы: золото, серебро, платина, платиноиды.

4. Радиоактивные металлы: уран, радий, торий.

5. Редкие и рассеянные металлы: бериллий, литий, цезий, рубидий.

6. Редкоземельные элементы: группа цериевая и иттриевая.

#### Неметаллические полезные ископаемые

1. Сырье для химической промышленности, сельского хозяйства.

2. Каменные строительные материалы и их сырье.

3. Абразивные материалы и их сырье.

4. Изоляционные материалы.

5. Керамические, огнеупорные, кислотоупорные материалы и их сырье.

6. Драгоценные и поделочные камни.

7. Природные краски, наполнители и адсорбенты.

#### Горючие полезные ископаемые

1. Ископаемые угли.

2. Горючие сланцы.

3. Нефть.

4. Природные газы.

## **II. 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.

### *2.1. ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ*

#### **2.1.1. 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 1996 г. оцениваются в 214 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, но доля богатых руд составляет всего 9 %. Основные запасы руд сосредоточены в Центральном районе, на Урале. Районы Сибири и Дальнего Востока обеспечены разведанными запасами недостаточно. Мировая добыча товарных железных руд в 1996 году составила 1029 млн. т., а в РФ – 72,1 млн. т. Цена 1 т железной руды ( $Fe \geq 65\%$ ) в 1996 г = 33\$.

##### **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  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (72,4% Fe), гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (70 %), ильменит  $\text{FeTiO}_3$  (36,8 %), бурый железняк  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (48 - 63 %), сидерит  $\text{FeCO}_3$  (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; титаномагнетитовые; гематитовые и гидрогематитовые; бурожезнякавые; сидеритовые; железисто-хлоритовые (силикатные).

Минимальное содержание железа в рудах, пригодных для непосредственной плавки в домнах, должно быть в магнетитовых, титаномагнетитовых 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 Аятское (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. (рис. 6).

*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 обогатимость 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 железослюдковыми разностями кварцитов. Среднее содержание железа составляет 32 - 36 % (рис. 7).

Богатые руды КМА представлены преимущественно мартитовыми, сидерит - мартитовыми и железослюдковыми (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. Нижняя граница залежей волнистая, а богатые руды в виде языков и карманов уходят в железистые кварциты на значительную глубину (300 - 400 м) от поверхности докембрийского фундамента. Руды отличаются высоким содержанием железа (48 - 69

%), низкими содержаниями кремнезема, серы и фосфора. Запасы КМА до глубины 600 м оцениваются в 20 млрд. т, в т.ч. 6 млрд. т богатых железных руд.

### **2.1.2. 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 железо - марганцевых 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 148 млн. т ( $Mn \approx 20\%$ ). 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 достиг 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. Стоимость 1 т руды в 1996 г. колебалась около 100 \$, ферромарганца - 400\$.

### **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  $mMnO_2 \cdot nH_2O$  (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 % (рис. 8).

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 первично-оксидных рудах (пирролюзитовых, манганитовых и псиломелановых) содержание марганца 45 - 52 %, в карбонатных 10 - 30 %, в окисленных 30 - 35 %. Наибольшее промышленное значение имеют оксидные пирролюзитовые руды (рис. 9).

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.

### **2.1.3. ХРОМ**

#### **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 1996 г.) около 3,8 млрд. т, основные из них сосредоточены в ЮАР (1050 тыс.т) и Зимбабве (550 тыс.т). В других странах (Финляндии, Турции, Индии, Бразилии) запасы руд ограничены. Мировое производство товарных руд составило в 1996 г. 11,2 млн. т и распределяется на 14 стран (ЮАР - 38 %, Казахстан - 10 %, Индия - 10 %, Турция - 9 %, Финляндия - 6 %, Зимбабве - 5 % и др.). В РФ в 1996 г. произведено 0,1 млн. т хромовых руд. Стоимость 1 т товарной хромовой руды составляет 65 - 135 долл.

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 мел-

ким — 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  $(\text{Mn, Fe})\text{O}^*(\text{Cr, Al, Fe})_2\text{O}_3$  и изменчивыми содержаниями (в %) компонентов :  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  16 - 65,  $\text{MgO}$  до 16,  $\text{FeO}$  до 18,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 30,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 33. Наиболее ценным из хромитов является магнохромит (50 - 65 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), меньшее значение имеют хромпикотит и алюмохромит.

### **Типы руд и кондиции.**

Хромитовые руды — единственный промышленный тип руд - делят на богатые и бедные с минимальными содержаниями  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  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  $\text{Cr}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$  не менее 2,5 - 3. Для огнеупоров пригодны руды с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  не менее 35 %,  $\text{SiO}_2$  не более 8 %,  $\text{CaO}$  не более 2 %.

### **Типы промышленных месторождений.**

Среди месторождений хромитов выделяют типы: раннемагматические, позднемагматические и россыпные (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 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  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 жилообразных 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 % (рис. 10, 11). 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.



## 2.2. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

### 2.2.1. Алюминий

#### **Общие сведения и применение.**

Алюминий - серебристо-белый металл с плотностью 2,7, температурой плавления  $660^{\circ}\text{C}$ , 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 сырьем для получения алюминия являются бокситы, общие запасы которых в настоящее время составляют 57 млрд. т. Около 90 % ресурсов бокситов приходится на южное полушарие (Гвинея, Камерун, Гана - в Африке, Суринам, США, Ямайка - в Америке, Австралия, Индия). Из стран Европы крупные запасы бокситов имеются в России, Греции, Франции.

Россия имеет достаточную базу для производства алюминия. Основные месторождения расположены на Урале, на северо-западе России и в Сибири. Мировое производство первичного алюминия составило в 1996 г. около 21 млн. т, а цена 1 т – 1540 долл.

#### **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 % ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и нефелин -  $\text{NaAlSiO}_4$  — 34 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### **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 каменистые, 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 : серозеленые 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 % (рис. 12).

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.

### **2.2.2. МЕДЬ**

#### **Общие сведения и применение.**

Медь - металл красно-бурого цвета с удельным весом 8,95, температура плавления  $1083^{\circ}\text{C}$ , 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.**

Разведанные запасы меди в мире на начало 1997 г. превышают 668 млн. т. Наиболее крупные запасы сосредоточены в Чили, США, Замбии, Конго, Перу и Канаде. На долю этих 6 стран приходится более 80 % запасов и 75 % добычи меди. Россия является одним из крупнейших производителей меди. Разведанные запасы составляют 11 % от мировых и 53 % от запасов стран СНГ. По разведанным запасам Россия занимает 3-е место в мире после Чили и США, а по добыче - 5-е место после Чили, США, Канады и Замбии. Основной базой производства меди в России является Урал. Потребление меди в мире ежегодно увеличивается на 5 %. По общему объему производства медь на третьем месте после железа и алюминия. Мировое производство в 1996 году составило 11 млн. т. Цена меди в 1998 г. составила 1740 долл./т.

## **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 -  $\text{CuFeS}_2$  (34 %);

халькозин -  $\text{Cu}_2\text{S}$  (80 %);

ковеллин -  $\text{CuS}$  (66,4 %);

куприт -  $\text{Cu}_2\text{O}$  (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 отработки равно 1 - 3 % (при подземной добыче) и 0,5 - 0,7 % при отработке карьерами. Руды в большинстве своем являются комплексными (Mo - Cu, Cu - Ni, Cu - Zn - Pb, Cu - Fe - U). 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 (рис. 14). 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) медистые песчаники** образуют крупные пластообразные залежи мощностью до 30 м, простирающиеся иногда на многие километры. Руды вкрапленные, иногда богатые по содержанию меди, сложены халькопиритом, борнитом, халькозином. На их долю приходится 35% мировых запасов при среднем содержании меди 3,5 %. Типичные месторождения - Джекказган (Казахстан) (рис. 15), 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, В мировой добыче месторождения меди этого генетического типа имеют резкоподчиненное значение. Для России, в связи с распадом СССР, большое значение приобрели многочисленные колчеданные месторождения меди на Урале.

### 2.2.3. СВИНЕЦ И ЦИНК

#### **Общие сведения и применение.**

Свинец - голубовато-белый металл, удельный вес  $11,3 \text{ г/см}^3$ , очень мягок, легко режется ножом. Температура плавления свинца  $327^0 \text{ С}$ . 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  $419^0 \text{ С}$ .

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.**

Общие мировые запасы свинца оцениваются на 1997 г. в 136 млн. т, а цинка примерно в 275 млн. т. Около 75 % запасов свинца и 70 % цинка заключено в месторождениях Канады, США, Австралии, Мексики, Перу и Германии. Доля этих стран в общей добыче составляла: свинца - 67 %, цинка - 72 %. Мировая добыча свинца в 1995 г. составила около 5 млн. т., а цинка около 7 млн. т. Цена за 1 т свинца составила в 1998 г. 540 \$, а цинка 1033 \$. Важнейшими рудными районами в России являются Сибирь, Дальний Восток и Северный Кавказ.

#### **Геохимия и минералогия.**

Среднее содержание в земной коре свинца - 0,0016 %, цинка - 0,01 %. Известны 150 минералов свинца и 60 минералов цинка, однако наибольшее промышленное значение имеют галенит -  $\text{PbS}$  (86 % Pb) и сфалерит -  $\text{ZnS}$  (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 обрабатывать, несмотря на малые размеры рудных тел. Этот тип развит в России, особенно в Забайкалье и на Дальнем Востоке (рис. 16), 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 нехарактерен.

**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 (рис. 17). Веществен-



ный состав руд - галенит, сфалерит и другие сульфиды. Свинцово-цинковые руды одного из крупнейших в мире месторождения Кер-д<sup>^</sup> 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 жилообразные и пластообразные тела. К этому типу относятся очень крупные месторождения Казахстана (Турлан), Польши, Бельгии и штата Миссури (США). Особенно значительна роль этого подтипа для цинка (почти 50 % мировой добычи).

Кроме описанных выше типов известны промышленные концентрации свинца и цинка осадочного генезиса (Мегген, Германия).

## *2.3 БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ*

### **2.3.1. 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 м<sup>2</sup> и толщиной 0,00009 мм. Из него можно вытягивать проволоку толщиной 2 мк. 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.**

По ориентировочной оценке геологического фонда разведанные запасы золота составляют 51 тыс.т (без России), из них 80 % сосредоточены в недрах Африки, более 15 % - на долю Америки. 93 % добычи приходится на месторождения допалеозойского возраста, в основном на Южноафриканские рудники, которые относятся к наиболее глубоким в мире. Средняя глубина разработок 1700 м, а максимальное содержание золота в руде 16 г/т.

В 1995 г. во всем мире было добыто 2268 тонн золота. В первую "золотую десятку", на долю которой приходится более 80% всей мировой добычи, вошли следующие страны (данные в тоннах): ЮАР: - 525, США - 319, Австралия - 253, СНГ (все государства) - 242, Канада - 149, Китай - 140, Бразилия - 72, Папуа - Новая Гвинея - 55, Гана - 52, Перу - 46. Все остальные страны мира, вместе взятые, добыли золота меньше, чем одна ЮАР, примерно 415 тонн.

### **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 россыпях золото наблюдается в самородном виде и отличается относительно высокой пробыностью. Коренные золотые месторождения разрабатываются при содержаниях 5 - 10 г/т, россыпные 0,2 - 1,0 г/м<sup>3</sup>. 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 пятое место в мировом объеме добычи (131,9 т в 1995 г.) составляет исключение. Она добывает 85% золота из россыпных месторождений и только 15% из коренных. При этом 75% прогнозных ресурсов и 52% запасов золота сосредоточено в коренных месторождениях. Поэтому основой стратегии развития золотодобывающей промышленности России является вовлечение в разработку коренных месторождений.

#### **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. Простираение даек преимуще-

ственно меридианальное, мощность 2 - 40 м, прослежены на расстоянии от нескольких сот метров до 8 км. Общая длина даек 150 км. Позднейшими процессами дайки превращены в березиты, которые вмещают огромное количество тонких жилок, не выходящих за их пределы, и располагающихся примерно перпендикулярно зальбандам даек, образуя систему лестничных жил. Золото весьма мелкое, заключено в пирите и блеклых рудах. Содержание золота 8 - 12 г/т (рис. 18).

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).

### **III. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ**

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

#### *3.1 СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ*

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

Естественные стройматериалы применяются в виде изделий, имеющих правильную геометрическую форму - облицовочный и бортовой камень, брусчатка и т.д., либо в виде кусков неправильной формы - бутовый камень, щебень, песок и гравий.

К искусственным стройматериалам относятся вяжущие вещества (известь, цементы и др.), огнеупоры (керамические изделия, стекло и силикатный кирпич). Изучение месторождений стройматериалов выходит за пределы данного курса.

#### *3.2 ГОРНОХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ*

Развитию сырьевой базы химической промышленности уделяется в настоящее время исключительно большое внимание. В качестве сырья, кроме угля, нефти и газа, используются природные минеральные вещества: фосфатные образования, соли, бораты, сера, барит, флюорит и др. В качестве примера рассмотрим фосфатное сырье.

Природным фосфатным сырьем являются минералы из группы апатита и фосфориты. Разведанные запасы апатитовых руд в мире 1,2 млрд. т, а фосфоритов около 11 млрд. т. Практическое применение фосфатное сырье имеет в качестве удобрений, в химической промышленности и метал-

лургии (для получения феррофосфора). По запасам фосфоритов Россия занимает 8-е место в мире, а по запасам апатитов – 1-е (8 млрд. т). Из зарубежных стран наиболее крупные запасы фосфоритов сосредоточены в США и Марокко (84 %), на долю этих стран приходится 76 % от общей добычи - 42,2 млн. т. Из апатитов получают около 5 млн. т фосфатного концентрата, в том числе в России – 3 млн. т. Цена за 1 т фосфатного концентрата составляет 100 – 120 долл.

Промышленные руды должны содержать  $P_2O_5$  не менее 4-5 % при условии получения после обогащения концентрата с содержанием  $P_2O_5$  не менее 26 - 30 %. Известны промышленные месторождения пяти генетических типов: магматические, осадочные геосинклинальные и платформенные, метаморфогенные и карбонатиты, из которых в настоящее время имеют наибольший практический интерес первые два:

***Магматические апатитовые месторождения*** связаны с комплексами щелочных пород. В Хибинских горах апатитовые и апатит - нефелиновые линзы имеют протяженность несколько километров при мощности до 200 м, образуя более 15 самостоятельных месторождений. Содержание  $P_2O_5$  составляет в богатых рудах 20 - 29 % и в бедных — 11 - 14 %: руды комплексные и являются сырьем для получения фосфора, глинозема и титана (рис. 20).

***Осадочные месторождения*** геосинклинального типа залегают среди мощных карбонатных толщ с подчиненным развитием терригенных осадков. Фосфатные пачки содержат большое количество фосфоритовых пластов общей мощностью в десятки метров, содержание  $P_2O_5$  высокое — 22-36 %. К этому типу относятся крупнейшие месторождения Казахстана (Каратау, рис. 21), Северной Африки и США.

### 3.3 ГОРНОРУДНОЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Горнорудные неметаллические полезные ископаемые (алмазы, асбест, графит, слюды и другие) широко используются в металлургии, строительном производстве, электротехнике и во многих других отраслях промышленности. Одним из ценных полезных ископаемых данного типа являются алмазы.

Алмазы представляют собой одну из модификаций углерода, являясь самым твердым природным соединением. Алмаз нерастворим в кислотах, обладает высоким лучепреломлением и светорассеянием. Встречается в виде кристаллов (чаще октаэдров), обломков кристаллов, сростков и зернистых агрегатов. Величина кристаллов колеблется от микронов до сантиметров. Вес алмазов может достигать сотен и даже тысяч карат (карат  $\approx 0,2$  г)

Самый крупный в мире алмаз Кулиннан имел размеры  $5 \times 6,5 \times 10$  см и весил 3106 карат, при обработке был расколот на 105 частей, в том числе: Кулиннан - 1 (530 карат с 74 гранями), Кулиннан - 2 (317,4 карат с 66 гранями), а также Кулиннан - 3 и Кулиннан - 4. Первый назван "Звезда Африки", а последующие три - "Малые звезды Африки". Остальные 101 бриллиант имеют всего 5 - 19 карат. Стоимость Кулиннана (3106 карат) приравнена к стоимости 54 т золота.

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

От начала добычи алмазов и до 1985 г. извлечено из недр (без СНГ) 1550 млн. карат (около 310 т). Мировое производство в 1985 г. алмазов всех видов (включая синтетические), составило 200 млн. карат.

Из общих запасов алмазов зарубежных стран примерно в 2,3 млрд. каратов основная масса запасов и  $2/3$  добычи приходится на Африку. В

1996 г. добыча составила больше 100 млн. карат (44,5 млн. карат – ювелирные), из них в ЮАР - 7,4 млн., Конго - 11,4 млн. и Гана - 2,7 млн. карат. По добыче ювелирных камней ведущие места занимают ЮАР, Ангола и Намибия, на долю которых в 1996 г. приходилось соответственно 32, 19 и 15 % общей добычи. Примерно 60 % всех алмазов добывается из россыпей и 40 % из коренных месторождений (кимберлитовых трубок и брекчий).

В России *коренные месторождения* алмазов расположены в Якутии. В последние годы начата разработка Ломоносовского месторождения в Архангельской области. Во всех коренных месторождениях алмазы приурочены к кимберлитовым трубкам, имеющим сечение от нескольких метров до нескольких сот метров и прослеживающимся на глубину более 1 км (рис. 3). Размеры в поперечнике якутских трубок от 45 до 600 метров. Из общего числа трубок продуктивные трубки составляют не более 10 %.

Якутские алмазы обычно имеют октаэдрический или ромбододекаэдрический облик, бесцветны, реже окрашены в фиолетовые (трубка Мир), зеленые, вишневые тона. Минеральными спутниками алмазов являются пироп, хромит, магнетит. Размеры наиболее крупных алмазов Якутии:

"Злата Прага" — 38,7 карата;

"Горняк" — 44,6 карата;

"Мирный" — 51,6 карата;

"Мария" — 105,9 карата;

"Звезда Якутии" — 232 карата;

"Великий почин" — 135 карата;

"Большая медведица" — 114,5 карата;

"Имени 26 партсъезда" — 342,5 карата.

В алмазном фонде России хранятся алмазы из бывшей царской казны (например, "Граф Орлов" — 199,6 карат в необработанном виде). Среди кимберлитовых трубок Южной Африки известны очень крупные с запаса-



ми в десятки миллионов карат. Среднее содержание алмазов для рентабельной отработки 0,5 карата на 1 т породы или 1 карат на 1 м<sup>3</sup> горной массы.

Вторым промышленным типом месторождений алмазов являются *россыпи*, образующиеся при разрушении кимберлитов. В общем случае промышленные россыпи содержат от сотых долей до нескольких каратов алмазов на 1 кубометр песков. Ценность месторождений зависит не только от содержания, но также от размера и качества алмазов, в частности от их строения, трещиноватости, прозрачности и окраски. Наиболее крупные россыпи алмазов сосредоточены в Южной Африке и на Урале (рис. 22).

## **IV. ГОРЮЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ**

### *4.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ*

К горючим полезным ископаемым относятся угли, горючие сланцы, нефть и природные газы. Горючие ископаемые имеют важнейшее практическое значение как металлургическое и энергетическое топливо, сырьё для химической промышленности. В них присутствуют промышленные концентрации редких и рассеянных элементов (германия, ванадия, урана и др.). Стоимость на добычу горючих полезных ископаемых составляет 75% от общемировых затрат на добычу минеральных полезных ископаемых.

### *4.2. ИСКОПАЕМЫЕ УГЛИ*

Промышленное освоение каменных углей впервые было осуществлено китайцами за несколько столетий до нашей эры. В Европе угли стали использоваться в X-XI веках. На территории нашей страны каменный уголь был впервые обнаружен на Дону в конце XVI века. При виде этих находок Петр I пророчески заявил : "сей минерал, если не нам, то потомкам нашим зело полезен будет". В последующие годы были открыты угли в Подмосковье (1723 г.) рудознатцем Иваном Голицыным, в Донбассе (1721 г.) подьячим Григорием Капустиным и в 1722 г. в Кузбассе крепостным рудознатцем Михаилом Волковым. Переломным моментом в истории всей угольной промышленности мира следует считать 1765 год, когда начала работать первая в мире паровая машина И. И. Ползунова. С этого времени начинается серьезная организация добычи угля.

Среди полезных ископаемых в топливно-энергетическом балансе ископаемый уголь составляет в настоящее время около 30 %. Однако, необходимо отметить то обстоятельство, что горючие полезные ископаемые относятся к невозобновляемым органическим источникам энергии и химического сырья. А запасы углей по энергетическому потенциалу во много раз превосходят запасы нефти и природных газов. В прогнозных ресурсах,

оцениваемых в 12,8 трлн. т. условного топлива, уголь составляет надежный источник сырья. Основные данные по прогнозным и разведанным запасам ископаемых углей, а также по объемам годовой добычи в ведущих странах на 1997 год, приведены в таблице 3.

Таблица 3

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

Страна	Прогнозные ресурсы		Разведанные запасы		Объемы добычи, млн. тонн по годам		
	м лрд.т.		м лрд.т.		1988	1990	1997
1	2		4		6	7	8
В мире в целом	1		1		4	4	4
	481	00	704,7	00	749,9	704	243,9
Россия	4		2		4	3	2
	450,7	2	01,7	2	25,4	95,3	96,7
США	3		4		8	9	8
	600	4	44,8	6	69,7	27	86
Китай	1		2		9	1	1
	500	0	72	6	70	053	131
Австралия	8		1		2	2	2
	64,9		16,8		15,4	10,2	37
Канада	5		7		7	6	6
	82,2		7,3	,5	0,2	8	4,1
Германия	3		1		1	4	2
	34,3		05,5		81,4	27	86,2
Великобри-	2		4		1	9	8

тания	31,4	,5	5,4		03,8	5	7,5
Польша	1		4		2	2	1
	73,9		1,2	,4	66,5	16	98,7
Индия	1		7		1	2	2
	70,5		8	,5	88,3	10	49
ЮАР	1		1		1	2	1
	40		15,5		78,2	06	82
Казахстан	1		3		1	1	1
	28,4	,9	4,1		43,1	31,4	11,9
Украина	9		4		1	1	1
	9,6	,7	7,2		91,7	64,8	15,7
Чехия,	2		6		1	1	9
Словакия	8	,2	,6	,4	23,5	07	2

В Кузбассе прогнозные ресурсы ископаемых углей составляют 535 млрд. т, из них каменных 512 млрд. т. (в том числе 205,6 млрд. т. коксующихся углей). Разведанные запасы ископаемых углей составляют 60 млрд. т. (в том числе 38 млрд. т. коксующихся и 14 млрд. т. особенно ценных марок углей). Общегодовая добыча ископаемых углей в 1994 году составила: в мире - 4,5 млрд. т, в России - 260 млн. т. и в Кузбассе - 100 млн. т., а в 2001 году – 127 млн. т. было добыто в Кузбассе и около 300 млн. т. в России.

#### *4.3. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ*

Современное состояние изученности ископаемых углей (геологическое, химическое, петрографическое) несомненно доказывают их органическое происхождение. Формирование залежей ископаемых углей - чрезвычайно сложный геологический процесс, в котором необходимо учитывать проявление многообразных факторов. Из них важнейшими являются исходный материал ископаемых углей, условия накопления исходного ма-

териала, условия и характер его разложения, превращение исходного вещества в горную породу, захоронение и сохранение залежей углей в ходе развития вмещающих осадочных толщ и их участия в формировании геологических структур. Все группы факторов взаимосвязаны: первые три фактора зависят от физико-географической обстановки накопления и преобразования исходного материала, два последних фактора связаны с геологической историей развития региона. Ниже приводится генетическая классификация углей (по Ю.А.Жемчужникову).

По исходному растительному веществу и петрографическому составу ископаемые угли делятся на гумолиты и сапропелиты. Первые из них делятся на гумиты и липтобиолиты, а вторые - на собственно сапропелиты и сапроколлиты.

**Гумиты** образовались в основном из лигнино-целлюлозной ткани и представляют наиболее распространенный тип углей. Это черные хрупкие, нетяжелые горные породы с общим названием каменный уголь.

**Липтобиолиты** состоят из кутиновых элементов и смол, встречаются редко в виде пропластков и маломощных пластов. Они богаты углеводородами и могут давать высокий выход битумов, восковая часть которых является весьма ценной.

**Сапропелиты** характеризуются наличием хорошо сохранившихся остатков водорослей. Образуются в пресноводных условиях; редко в виде отдельных рабочих пластов, а обычно вместе с гумусовыми углями. К группе сапропелитов относятся и горючие сланцы. В Подмосковье сапропелиты называются богхедами.

**Сапроколлиты** - сапропелевые угли, в которых не сохранились остатки водорослей.

В истории образования осадочных толщ углеобразование приурочено к определенным эпохам, начиная с периода массового развития наземной растительности.

В карбоне углеобразователи - лепидофиты, влаголюбивые и теплолюбивые растения с огромным количеством зеленой массы спорового происхождения (гигантские папоротники, хвощи). произраставшие в прибрежно-морских (параллических) условиях на низменных береговых равнинах и в дельтах крупных рек.

В перми изменение климата привело к развитию растений более сухостойких - кордаитов с хорошо развитой древесиной. Массовое накопление растительности также тяготело к прибрежно-морским условиям.

В мезозое еще большее развитие получили голосеменные хвойные, гинкговые, цикадофиты с повышенным развитием древесины.

В меловое время появились покрытосеменные высшие цветковые растения, развивающиеся до настоящего времени. Этот тип растений приспособлен к существованию в различных климатических условиях и торфообразование стало возможно не только в прибрежно-морских, но и в континентальных условиях в долинах рек и озерных равнинах (лимническое угленакопление).

#### *4.4. СТАДИЙНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕЙ*

Выделяются две стадии: превращение растительного вещества в торф и превращение торфа в уголь.

Торфообразование возможно при ограниченном воздействии кислорода и возрастающей влажности среды до состояния стоячих вод. При значительной обводненности и смене окислительной обстановки на восстановительную растительные ткани разлагаются до коллоидоподобного состояния. Этот процесс называется гелификацией. При недостаточной обводненности и доступе кислорода наиболее устойчивые части тканей (обо-

лочки) сохраняют свою структуру, часть же материала выносится, что придает растительным остаткам рыхлость. Такой процесс называется фюзенизацией. При торфообразовании происходит синтез углеводородных соединений и преобразование гуминовых кислот.

Во II стадии происходит превращение торфа в бурый уголь, бурого угля в каменный, последнего в антрацит, а иногда и в графит. Эти преобразования протекают в условиях повышенного давления и температуры. При этом уменьшается влажность, происходит перестройка молекул органических соединений с возрастанием содержания в них углерода. Процесс носит название углефикации. Специфика исходного материнского состава, условия разложения на торфяной стадии и метаморфизация в ходе геологических процессов во всей совокупности определяет генетическое разнообразие ископаемых углей.

Растительные остатки могут накапливаться двумя способами: на месте произрастания растений (автохтонно) и после некоторого переноса в другое место (аллохтонно).

При типичной автохтонии образуются преимущественно чистые (в отношении зольности) угли - содержание золы до 7-8 %. Для автохтонных углей характерно постоянство мощности пластов на большом протяжении и их простое строение, даже если в них имеются прослой породы.

При аллохтонном накоплении формируются высокозольные угли (более 15 % золы). Повышенная зольность углей с аллохтонным накоплением исходного материала объясняется тем, что в процессе переноса к растительным остаткам примешиваются минеральные частицы, которые повышают зольность углей.

#### *4.5. МЕТАМОРФИЗМ УГЛЕЙ*

*Метаморфизм углей* - это различная степень их науглероживания, сопровождающаяся изменением их физических и химических свойств под

влиянием геологических процессов. I стадия - торфяная, состоит в превращении растительных остатков в торф. Она протекает на поверхности земли в болотах и водоемах. II стадия состоит в превращении торфа в бурый уголь, бурого угля в каменный, последнего в антрацит, а иногда и в графит. Она протекает в недрах земли в условиях все более повышающихся давления и температуры.

Различают три типа метаморфизма углей: региональный, контактовый и динамометаморфизм.

**Региональный метаморфизм** связан с погружением угленосных толщ на значительную глубину в область повышенных температур и давлений. Погружение охватывает большие площади и глубины до 10-20 км (в Кузбассе 7 км). Со стратиграфической глубиной увеличивается степень метаморфизма и уменьшается выход летучих (1-2% на каждые 100 м). Угли с различной степенью метаморфизма распространены зонально, что связано с разной глубиной погружения на территории прогиба и в центральной части.

**Контактовый метаморфизм** связан с тепловым воздействием магматических масс. По мере удаления от контакта увеличивается количество летучих и уменьшается степень углефикации. Так, в Тунгусском бассейне в контакте углей с диабазами образуется графит, в 150-200 м от контакта - антрациты и тощие угли, далее идет полоса коксующихся углей. Более интенсивно проявляется контактовый метаморфизм под воздействием кислых интрузий, так, например, на Аляске угли в контакте с гранитами превращены в природный кокс.

**Динамометаморфизм** рассматривается как воздействие на уголь складкообразовательных сил.



#### 4.6. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕЙ

В основе классификации лежит учение М. Стопс (1919), которая выделила макроскопически по блеску 4 ингредиента: фюзен (матовый, шелковистый), дюрен (матовый), кларен (блестящий) и витрен (наиболее блестящий). Существенные различия наблюдаются и под микроскопом.

**Фюзен** имеет тонковолокнистое строение и похож на древесный уголь, марают руки, хрупкий, мягкий, встречается в виде примазок и линз. Под микроскопом непрозрачен, имеет клетчатую структуру.

**Витрен** - однородный, блестящий, хрупкий с раковистым изломом уголь. Залегаёт в виде мелких линзочек. Под микроскопом буро-красный.

**Дюрен** - матовый уголь от бурого до черного цвета. Составляет значительную часть угля. Сложен основной бесструктурной массой с обилием включений. Образуется в проточных болотах, в которых развиты процессы окисления и загрязнения торфяников минеральными осадками. Угли часто высокозольные и трудно обогатимые.

**Кларен** - блестящий темно-красный до черного. Под микроскопом представляет бесструктурную массу с минеральными включениями.

Между фюзеном и витреном существует переходная разность - ксилен, выделяемая микроскопически.

Многие свойства углей и их внешний облик обусловлены количественным соотношением слагающих их микрокомпонентов (мацералов). **Мацералы** - элементарная составная часть углей, образовавшаяся из одинакового исходного материала при одинаковых условиях. Микрокомпоненты разделяются на органические и неорганические (минеральные). Под микроскопом они различаются по цвету, отражательной способности, показателям преломления, структуре и микрорельефу.

## 4.7. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕЙ

В составе углей, наряду с органическими веществами, присутствуют минеральные примеси, являющиеся обычно балластом. Для оценки углей важно знать соотношение между этими составными частями.

### 4.7.1. Технический анализ

Состоит в определении влажности (W), зольности (A), выхода летучих веществ (V), содержания серы ( $S_{00}$ ), теплоты сгорания (Q) и коксового остатка.

**Влажность** снижает теплоту сгорания углей. Угли делятся по видам на: бурые - с влажностью от 60 до 17 %, каменные – с влажностью от 16 до 4 % и антрациты – с влажностью менее 4 %. Влажность определяется при нагревании до  $105^{\circ}\text{C}$  или высушиванием в эксикаторе над концентрированной серной кислотой. 1 % влаги снижает теплотворную способность углей на 6 ккал.

**Зольность.** Зола - твердый несгораемый остаток, образующийся из минеральных примесей углей, по весу она не равна минеральным примесям, т. к. часть из них превращается в газ и водяные пары. Каждый процент золы снижает производительность доменного процесса на 2,5 %. Повышенная зольность приводит также к понижению температуры газов, получаемых при сгорании углей, корродирует арматуру топок и котлов, осложняет технологию золоулавливания. Допустимая зольность для коксующихся углей не более 7 %, для энергетических углей менее 10 %, при большом содержании золы требуется обогащение углей. Основные компоненты составляющие золу: оксиды Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, подчиненное значение имеют оксиды Ti, Mn. Состав золы важен для определения концентрации редких и рассеянных элементов (Be, Se, Sr, Ge, U и др.). Содержание подавляющего числа этих микроэлементов не превышает фоновых значений,

но на некоторых угольных месторождениях отдельные элементы приобретают значение как объекты попутного извлечения и промышленного использования или как вредные токсичные примеси (Be, As). Наибольшее практическое значение для извлечения имеют уран и германий, кроме того представляют интерес – галлий, ванадий, молибден, рений, серебро.

**Летучий остаток.** Относится к горючей части; при сухой перегонке уголь частично переходит в летучие вещества ( $\text{CH}_4$ , H, CO,  $\text{CO}_2$  и др.). Выход летучих веществ является одним из важнейших классификационных параметров углей. Летучие вещества очень ценны. Во-первых, они обладают способностью гореть; во-вторых, они составляют основу для получения различных химических продуктов: красителей, пластмассы, ароматических и взрывчатых веществ и др. Все многообразие продуктов, извлекаемых в настоящее время из угля, получается именно из летучих веществ. Наиболее богаты летучими (70-90 %) сапропелиты.

**Коксовый остаток.** Это твердый остаток, остающийся после удаления летучих, в зависимости от качества углей имеет различный вид. Он может быть порошковым – неспекшимся, спекшимся, сплавленным или вспученным. Спексающая способность углей выражается в способности при нагревании в определенных условиях соединяться в одно целое и давать достаточно прочный твердый остаток с пористой структурой – кокс металлургического типа. Летучие, удаляясь, вспучивают пластическую часть и создают своеобразную пористость, Твердые частицы способствуют возникновению определенной прочности кокса. Угли, дающие порошкообразный остаток, являются неспекающимися и пригодны только для энергетических целей.

Для определения спекаемости углей существует несколько способов, из которых наиболее известен пластометрический. За показатель спекания принимается максимальная толщина пластического слоя, измеряемая в

миллиметрах (V). При слабых спекающихся свойствах углей V от 0 до 12 мм, для коксующихся 13-19 мм. В этих испытаниях определяют еще величину усадки (X). Усадка для коксующихся углей 15-28 мм, для сильно плавких более 35 мм.

**Сера** - вредная примесь в углях, особенно коксовых, вызывает повышенный расход кокса при плавке руды и ухудшает качество железа. По содержанию серы угли делятся на группы: малосернистые (до 1,5 %), среднесернистые (1,5-2,5 %), сернистые (2,5-4 %), высокосернистые (более 4 %) Последние не пригодны для использования в черной металлургии без предварительного обогащения.

**Теплота сгорания** углей составляет: для бурых углей 25 – 33,5 МДж/кг, для каменных углей 30,5 – 36,8 МДж/кг и 33,5 – 35,2 МДж/кг для антрацитов.. Она определяется экспериментальным путем – путем сжигания угля в калориметрической бомбе, и расчетным путем, по формулам.

#### 4.7.2. ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

Это определение состава органической массы углей – (**C, H, O, N, S, P**).

**Углерод** – основная часть углей. Один килограмм углерода при сгорании выделяет 8140 ккал.

**Водород** – вторая основная часть углей. Чем больше уголь содержит водорода, тем выше его теплота сгорания и тем больше из него можно получить жидких продуктов. Теплотворная способность водорода 34188 ккал/кг. Когда получают из углей высококалорийное жидкое топливо, т. е. искусственный бензин, то прежде всего увеличивают содержание водорода путем ввода его в химический состав извне. Повышение выхода жидких продуктов из углей путем обработки их нагреванием (400-450<sup>0</sup> С) в атмосфере водорода при давлении 200-250 кг/см<sup>2</sup> называется гидрогенизацией.

**Кислород** является балластом, снижающим теплотворную способность углей.

**Азот** содержится в углях от 1 до 3 %. В процессе коксования часть азота образует аммиак.

**Фосфор** содержится в углях в небольших количествах, является очень вредной примесью коксовых углей, предназначенных для получения доменного кокса. Переходя в металл, фосфор делает его ломким, хрупким. Поэтому в этих углях его доля должна составлять не более 0,012 %. В антрацитах, используемых для получения карбида кальция, доля фосфора не должна превышать 0,05 %.

По данным элементного анализа можно вычислить теплоту сгорания углей (формула Д. И. Менделеева):

$$Q = 81C + 320H - 26(O - S)$$

#### **4.7.3. ПРОМЫШЛЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ**

Товарные свойства углей должны обеспечивать экономически целесообразную работу топливных установок или ход технологического процесса при химической переработке углей. В обеспечении этих требований и возникли промышленные классификации углей, где их свойства ограничиваются определенными пределами или стандартами. В зависимости от характера показателя в промышленных классификациях угли подразделяются на группы, марки и классы. В основу подразделения берутся количественные показатели технического и элементарного анализов, спекаемости, выхода продуктов перегонки и некоторых физических свойств. По физико-химическим показателям угли подразделяются на марки, которые имеют собственное наименование и обозначаются: Д, Г, Ж и т. д. Классификации по маркам разрабатываются и утверждаются для каждого угольного бассейна (табл. 4).

Таблица 4

**Технологическая классификация углей**

Марки	Характер коксового остатка	Выход летучих, %	
		Кузбасс	Печора
Д – длиннопламенный	слипшийся, слабоспекающийся	более 37	более 37
Г – газовый	сплавленный, серебристый	более 37	около 35
Г–Ж – газовой жирный	сплавленный, стальносерый	30 – 37	более 30
Ж – жирный	сплавленный, плотный	30 – 35	27 – 30
К–Ж – коксово-жирный	сплавленный, плотный	25 – 30	около 27
К – коксовый	сплавленный, крепкий, стальносерый	18 – 25	менее 27
ОС – отощенно-спекающийся	спекшийся	менее 17	менее 27
Т – тощий	порошкообразный, слипшийся, слабоспекающийся	7 – 12	менее 17
ПА – полуантрацит	–	ме-	–

Марки	Характер кок- сового остатка	Выход летучих, %	
		Куз басс	Пе- чора
		нее 7	
А – антрацит	–	ме- нее 7	–

Помимо классификации углей по физико-химическим свойствам существует сортировка углей, то есть разделение добытого угля на сорта по крупности кусков.

Выделяются 6 классов:

1. **П** - плитный размер кусков - более 300 мм;
2. **К** - крупный размер кусков - 50 - 300 мм;
3. **О** -орех - 25 - 50 мм;
4. **М** - мелкий - 13 - 25 мм;
5. **С** - семечко - 6 - 13 мм;
6. **Ш** - штыб - менее 6 мм.

#### **4.8. ПОНЯТИЕ ОБ УГЛЕНОСНОЙ ТОЛЩЕ И УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ**

*Угленосная толща* представляет серию генетически связанных осадочных пород, содержащих пласты угля. Накопление угленосных отложений происходит при медленном, но обычно длительном погружении суши. При этом на фоне его происходят мелкие колебательные движения, которые вызывают смену палеографической обстановки - от континентального размыва при поднятии суши до открытого мелководного моря при опускании суши, с образованием в промежутке между ними равнинных озероболотных низин. Выделяют *параллические* и *континентальные* (лимнические) условия накопления угленосных толщ.

Породы угленосной формации представлены преимущественно обломочным материалом. Только некоторые бассейны (карбона и перми) содержат слои карбонатных пород. Обломочные породы представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками и конгломератами. Вмещающие уголь породы могут представлять собой полезные ископаемые (огнеупорные глины, бокситы, стройматериалы). По фациальному составу угленосные осадки относятся к континентальным. Регрессивный цикл начинается с развития мелководных морских осадков, сменяющихся затем болотными и перекрываются лагунными или пресноводными озерными осадками. В случае однородных циклов под угольным пластом и над ним расположены фациально близкие осадки. Изучение фациальных типов позволяет проводить сопоставление пластов из различных частей бассейнов.

**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 пластиам 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 сверх-



мощными 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.

В угольном пласте различают общую, полезную, рабочую мощность.

Общая мощность пласта - мощность всех угольных пачек и разделяющих их породных прослоев. Полезная мощность - сумма мощностей только угольных пачек. Рабочая мощность - мощность части пласта, включая породные прослои, которую рентабельно отрабатывать. Различают также нормальную, истинную (по нормали от кровли к почве), вертикальную (по отвесу) и горизонтальную мощности угольных пластов. Для подсчета запасов используются данные истинной мощности пласта.

По устойчивости выделяются три группы пластов:

1. Группа устойчивых пластов, мощность которых и качество угля выдерживаются на месторождении или шахтном поле с незначительными отклонениями от среднего значения, не вызывающими перевод угольных пластов в разряд нерабочих.

2. Группа относительно устойчивых пластов:

а) мощность которых колеблется в широких пределах, но на большей части месторождения (шахтного поля) угольный пласт имеет рабочее значение;

б) мощность пласта изменяется до нерабочей и полного выклинивания, но изменение подчинено определенной закономерности.

3. Группа неустойчивых пластов, мощность которых часто без видимой закономерности выходит за нижний предел принятой рабочей мощности.

Почвой угольных пластов наиболее часто служат глинистые породы. Песчаники в почве угольных пластов встречаются редко и почти всегда отделяются от угольного пласта прослоем глины, известняки еще более редки.

Породы кровли более разнообразны; в паралических месторождениях чаще глинистые породы, реже песчаники, весьма редко известняки и конгломераты; в лимнических месторождениях также преобладают глинистые породы, встречаются гравелиты, конгломераты и песчаники.

Угленосные толщи платформенных областей имеют небольшую мощность (десятки и сотни метров) и содержат единичные угольные пласты, достигающие нередко большой мощности. Толщи геосинклинальных областей имеют большую мощность (до 5- 10 тыс. м.) и содержат большое количество угольных пластов.

Насыщенность угленосной толщи выражается коэффициентом угленосности:

$$K = m * 100 / H ,$$

где  $m$  - суммарная мощность угольных пластов, м, а  $H$  - мощность угленосной толщи, м.

Наряду с термином угленосная толща существует понятие угленосная формация, то есть комплекс различных типов, генетически связанных пород угленосной толщи, образующихся в единой тектонической и климатической обстановке.

#### *4.9. ТИПЫ УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ*

**Угольным бассейном** называют обширные площади непрерывного развития угленосных отложений (с запасами в млрд. т.), образовавшихся в результате единого геологического процесса. Угольные бассейны приурочены к различным структурным зонам. Выделяют угольные бассейны платформенного, геосинклинального и переходного типов.

В *геосинклинальных бассейнах* мощность угленосной толщи достигает тысяч метров (до 10000 м). Количество угольных пластов составляет десятки или даже сотни. Угли каменные, в том числе коксующиеся и антрациты. Вмещающие породы крепкие, угольные пласты нарушены складчатой и разрывной тектоникой. Геосинклинальные угольные бассейны - Донбасс, Печора, Караганда, Кузбасс.

В *платформенных бассейнах* мощность угленосной толщи десятки и сотни метров, угольные пласты единичны и залегают почти горизонтально. Угли всегда бурые, вмещающие породы рыхлые. Платформенные угольные бассейны - Подмосковский, Днепровский, Канско-Ачинский.

Для *переходных месторождений и бассейнов* характерны сверхмощные пласты, обычно брахискладчатое строение и сбросовый характер разрывных нарушений. Переходные угольные бассейны - Челябинский, месторождения Закавказья, Средней Азии, Забайкалья.

По данным А. Матвеева на территории бывшего СССР в геосинклинальных бассейнах сосредоточено 35 %, в переходных - 25 %, а на платформах 40 % запасов углей.

На Земле известно около 3600 угольных бассейнов и месторождений, в т. ч. на территории бывшего СССР - 30 бассейнов и более 450 самостоятельных месторождений. На территории России находится 3 из 7 бассейнов-гигантов (Тунгусский - 1.9 трлн. т, Ленский - 1.5 трлн. т и Кузнецкий - более 500 млрд. т).

#### *4.10. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ УГОЛЬНЫХ БАСЕЙНОВ РОССИИ*

На территории России угленакопление известно начиная с девона и по кайнозой включительно.

Девонский возраст имеют угли в Губерлинских горах на Южном Урале, месторождения среднего девона известны в Кемеровском районе Кузбасса (Барзас).

Карбоновый возраст характерен для крупных бассейнов и месторождений. К нижнему карбону относятся месторождения нижних свит Донбасса, Подмосковского и Западно-Уральских бассейнов. Среднему и верхнему карбону подчинены основные части Донбасса, нижние свиты Кузбасса, Минусинского и Тунгусского бассейнов.

Пермский возраст имеют основные углесодержащие свиты Кузнецкого, Минусинского и Тунгусского бассейнов, Печорский и Таймырский бассейны.

Раннемезозойский возраст свойственен месторождениям Урала, к средней юре относятся Канско-Ачинский и Иркутский бассейны.

Позднемезозойскому (меловому) возрасту принадлежат большая часть угольных месторождений Якутии и Дальнего Востока (Алданский, Ленский, Сучанский и др.).

Третичный возраст имеют угольные месторождения Урала, Дальнего Востока, Сахалина и Камчатки.

Для палеозойских угольных бассейнов характерно формирование их преимущественно во внутренних и краевых прогибах геосинклиналей. Им свойственны угленосные толщи паралического характера с отчетливым циклическим строением, иногда с многократным чередованием морских и континентальных осадков (Донбасс, Печора).

Мезозойские угольные бассейны и месторождения возникали и развивались преимущественно в межгорных тектонических впадинах. Их продуктивные толщи представлены континентальными отложениями с мощными пластами базальных конгломератов. Лишь бассейны Восточного Забайкалья находятся в краевых и внутренних прогибах наложенной ким-

мерийской геосинклинали, приближаясь по тектоническому строению к палеозойским углям.

В кайнозойе (за исключением альпинид Дальнего Востока), угленакопление происходило, преимущественно, в платформенных условиях.

В настоящее время установлено, что более 37 % всех запасов ископаемых углей России сосредоточены в пермских отложениях, 29 % - в отложениях нижнего мезозоя, 25 % в верхнем мезозое, 7-8 % в каменноугольных и только 2 % в кайнозойских отложениях. Около 80 % запасов ископаемых углей размещены на территории, находящейся восточнее Урала (более 90 % прогнозных ресурсов по данным на 1993 г. приходятся на Сибирь и Дальний Восток).

Из приведенных выше статистических данных видна неравномерность угленакопления, выделенные этапы являются максимумом процесса, промежутки между которыми характеризуются более слабым угленакоплением. С течением времени интервалы между эпохами угленакопления сокращались и последнее (особенно на востоке страны), начиная с мезозоя, стало почти непрерывным.

Отчетливо наблюдается смещение угленакопления во времени с запада на восток.

Карбоновое накопление на территории России начинается Подмосковным бассейном и продолжается на восток, заканчиваясь Кузбассом, если не считать области распространения карбоновых угленосных отложений на юго-востоке Тунгусского бассейна, т. е. примерно меридиан Иркутска является наиболее восточным районом распространения карбонового угленакопления.

Пермское угленакопление начинается слабыми проявлениями в Приуралье, далее на восток оно проявляется в Печорском, Кузнецком, Тунгусском бассейнах и заканчивается слабой угленосностью в Приморье.

Наиболее мощное угленакопление нижнемезозойского возраста приурочено к центральной части Сибири (Канско-Ачинский и Улугхемский бассейны) и к Восточной Сибири (Южно-Якутский бассейн).

Верхнемезозойское угленакопление на западе начинается Восточно-Уральской провинцией со сравнительно слабым угленакоплением и доходит до Тихого океана с максимумом в Ленском бассейне.

Третичное угленакопление распространено весьма широко: от западной границы России до Тихого океана, однако нигде не дает крупных угольных бассейнов.

Особенно отчетливо перемещение угленакопления во времени с запада на восток видно из расположения наиболее крупных бассейнов: карбоновый этап - Подмосковный бассейн, пермский этап - Тунгусский и Кузнецкий бассейны, нижнемезозойский этап - Канско-Ачинский бассейн, верхнемезозойский этап - Ленский бассейн.

Важной закономерностью является постепенное продвижение во времени угленакопления от морских побережий, т. е. от окраин континентов, в их внутренние части - это объясняется прежде всего распространением растительности в глубь континентов в связи с все большим приспособлением ее к жизни вдали от воды.

В связи с отмеченной закономерностью постепенного продвижения угленакопления вглубь материков находится и другая закономерность, выражающаяся в том, что угленакопление с течением времени все шире распространяется по платформам, приурочиваясь к разнообразным прогибам, синеклизам, грабенообразным депрессиям и т. п.

Особенно отчетливо эта закономерность проявилась в нижнемезозойский и третичный этапы угленакопления, подавляющее большинство угольных бассейнов и месторождений которых расположено на Русской, Западно-Сибирской плите и Сибирской платформе. Проявление этой зако-

номерности естественно, ибо с течением времени происходит все большее наращивание платформ, а также усложнение их геологического и геоморфологического строения.

И, наконец, в связи с перемещением угленакопления во времени из складчатых областей и глубоких предгорных и межгорных прогибов на платформу с небольшими мощностями угленосных толщ и со спокойным тектоническим режимом, степень метаморфизма углей в общем понизилась. Если с более древними этапами угленакопления связаны каменные угли, то с более молодыми этапами (начиная примерно с нижнемезозойского) - преимущественно бурые угли. То есть степень метаморфизма углей (также как и вмещающих их пород) становится все меньше по мере перехода от более древних этапов к более молодым.

Ниже рассматривается характеристика основных угленосных бассейнов в возрастной последовательности.

#### *4.10.1. УГЛЕНОСНЫЕ БАСЕЙНЫ КАРБОНОВОГО ВОЗРАСТА*

##### *ПОДМОСКОВНЫЙ БАСЕЙН*

Расположен в виде широкой дугообразной полосы к югу и западу от Москвы, ограничиваясь выходами отложений девона. Площадь его 120 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 24). Бассейн платформенного типа, представляет собой огромную чашу - Московскую синеклизу. Угленосные отложения выходят по периферии бассейна и погружаются к центральной части синеклизы.

Стратиграфия: в основании верхнедевонского яруса отложения известняков с горизонтами гипса. Нижний карбон - известняки, песчано-глинистые осадки с переслаивающимися песчаными и глинисто-углистыми комплексами мощностью 10-20 м, иногда 60-80 м, с которыми связана промышленная угленосность бассейна. Средний карбон - известняки, переслаивающиеся с песчано-глинистыми породами. Мезозой - юрские и меловые морские пески, глины, фосфориты.

В разрезе угленосного горизонта встречается несколько угольных пластов и пропластков. Рабочим является один пласт мощностью 1,1 - 3-4 м. В бассейне различают три типа углей: курные угли, богхеды, сажистые угли.

Курные - угли не окисленные, бурые и гумусовые. Легко рассыпаются на воздухе и склонны к самовозгоранию. Содержание: влаги 25 - 35 %, летучих 19 - 30 %, углерода 67 %, водорода 5,2 %, зольность 12 - 25 %, серы свыше 3 %. Теплота сгорания 2800 ккал/кг. Богхеды встречаются в виде прослоев в курных углях. Сажистые - окисленные гумусовые угли - порошкообразные.

Горнотехнические условия эксплуатации сложные вследствие высокой водообильности вмещающих пород и угольных пластов. Приток воды 500 - 1000 м<sup>3</sup>/час до 2000 м<sup>3</sup>/час. Несмотря на зольность и низкую теплоту сгорания угля, бассейн по-прежнему имеет важное значение в энергетическом балансе страны. Добыча угля составляет здесь около 50 млн. т. в год. Запасы бассейна на месторождениях, благоприятных для промышленного освоения составляют 4,3 млрд. т. при общих геологических запасах 6,6 млрд. т.

#### *4.10.2. УГЛЕНОСНЫЕ БАСЕЙНЫ ПЕРМСКОГО ВОЗРАСТА*

##### *ПЕЧОРСКИЙ БАСЕЙН*

Угли открыты в прошлом веке, начал осваиваться в 1932 г. Находится на крайнем северо-востоке Европейской части страны, площадь его 130 тыс. км<sup>2</sup>, значительная часть расположена в Заполярье в зоне вечной мерзлоты (до 150 м) (рис. 23). Промышленная угленосность распределена на площади бассейна весьма неравномерно. На большей части его распространены длиннопламенные и бурые высокозольные угли, запасы которых составляют более 40% от общих геологических.



В тектоническом отношении бассейн находится в краевом прогибе, деформированном в серию сложных складок, широко проявлена пликативная и разрывная тектоника.

Стратиграфия: отложения девона и карбона мощностью до 4000 м и представлены морскими осадками. Пермские отложения мощностью до 10000 м, промышленная угленосность в основном приурочена к воркутинской свите, мощностью более 2000 м, сложенной песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углями.

Количество рабочих пластов 1 - 10 до 15, с мощностью 0.6 - 3.5 м, суммарная их мощность 11 - 40 м. Угли гумусовые, каменные, марок от Д до А.

Качество: зольность от 12 - 25 % и выше, влаги 0.5 - 15 %, серы до 1 %, выход летучих 7 - 49 %, теплота сгорания 5500 - 7600 ккал/кг.

Общие запасы 224,9 млрд. т. Часть углей дает высококачественный металлургический кокс.

Горнотехнические условия сложные: вечная мерзлота, притоки шахтных вод обычно не больше 20 - 80 м<sup>3</sup>/час, редко 100 - 500 м<sup>3</sup>/час. Воркутинское, Интинское, Воргашорское и Хальмерюрское месторождения разрабатываются 20 шахтами.

#### *ТУНГУССКИЙ БАССЕЙН*

Занимает часть Сибирской платформы, простираясь от р. Верхней Тунгуски до Ледовитого океана. Общая площадь более одного млн. км<sup>2</sup>. Залегание угленосных отложений простое, на юго-западе при переходе к складчатым структурам четко фиксируются линейные складки и разрывные нарушения.

Продуктивные горизонты прорваны и перекрыты траппами. На отдельных участках угольные пласты метаморфизованы и превращены в графит.

Продуктивными являются отложения карбона и перми. Отложения карбона имеют мощность 160 - 350 м и содержат 3 - 10 пластов угля с мощностью 5-16 м. Мощность пермских угленосных отложений 120 - 1000 м. Мощность угленосной толщи, так же как и угленасыщенность, уменьшается с запада на восток.

Учтенные геологические запасы составляют 1985,7 млрд. т.; в том числе до глубины 300 м около 500 млрд. т. Однако вследствие его удаленности добыча угля проводится в небольшом объеме лишь в Норильском промышленном районе и на Кокуйском месторождении.

#### *4.10.3. УГЛЕНОСНЫЕ БАССЕЙНЫ МЕЗОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА*

##### *КАНСКО-АЧИНСКИЙ БАССЕЙН*

Расположен в Кемеровской области и Красноярском крае, вытягиваясь вдоль транссибирской магистрали от Мариинска до Тайшета (рис. 25).

Длина угленосной площади бассейна 600 км, протяженность с севера на юг 100 - 200 км, местами угленосные отложения выдаются языками на север и юг, увеличивая протяженность до 300 км. На западе бассейн ограничивается Кузнецким Алатау, на востоке выходами нижнего палеозоя Сибирской платформы, на севере - острогами Енисейского кряжа, а на юге - острогами Восточного Саяна. В Ачинском районе угленосные отложения расположены между широтными острогами Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау. Площадь его 50 тыс. км<sup>2</sup>. В бассейне выделяется 13 угольных районов. Наиболее крупные месторождения - Назаровское и Саяно-Партизанское в Красноярском крае и Итат-Барандатское в Кемеровской области. Поверхность бассейна - это всхолмленная равнина, разделенная Енисейским кряжем на Канский и Чулымо-Енисейский бассейны.

Юрские угленосные отложения залегают на размытой поверхности и в понижениях рельефа палеозоя и протерозоя. Угленосными являются отложения средней юры. Перекрываются юрские отложения меловыми и

кайнозойскими образованиями. Угленосные отложения образуют неглубокие мульды с углами падения крыльев 2 - 5 градусов и залегают полого-волнисто. Мощность угленосных отложений от 120 до 1100 м. В западной части бассейна продуктивная толща подразделяется на три свиты (безугольную 100 - 130 м, Итатскую 160 - 280 м и Тяжинскую до 140 м). Отложения восточной части подразделяются на переясловскую, камалинскую и бородинскую свиты. Состав свит преимущественно песчанистый с переменным количеством грубообломочных пород и аргиллитов. В различных месторождениях развито от 8 до 28 угольных пластов средней мощностью 5 м. В верхней части угленосной толщи развит мощный пласт (Итатский в Барандатской мульде) мощностью до 17 - 80 м.

Угли бассейна гумусовые, но встречаются гуммито-сапропелевые и сапропелевые и каменные - марок Г и Ж. Показатели для бурых углей: влага - 12 - 25 %, А - 7 - 20 %, S - 0.8 %, V<sup>r</sup> - 30 - 50, теплота сгорания горючей массы 6500 - 6800 ккал/кг (С- 67 - 75 %, Н - 2,7 - 9,6 %, N - 1,6 - 2,5 %, О - 20 - 32 %). Каменные угли (Саяно-Партизанский район) малозольные (до 12 %), и с повышенным выходом смол (до 18 %). Гидрогеологические условия несложные: притоки воды 50 - 400 м<sup>3</sup>/час. Угли бассейна обрабатываются открытым способом, геологические запасы составляют 414,2 млрд. т, из них каменные только 2,8 млрд. т.

## **V. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Кемеровская область является крупным производителем и, одновременно, потребителем минеральных ресурсов. В экономике доминирует горнодобывающая промышленность, в первую очередь, угольная. Кузнецкий угольный бассейн по запасам высококачественных углей является крупнейшим в России и в мире. В Горной Шории эксплуатируются железорудные месторождения, на Салаирском Кряже – полиметаллические, в

Кузнецком Алатау – нефелиновое сырье. В горнорудных районах области ведется добыча рудного и россыпного золота, флюсовых известняков, доломитов, кварцитов. Вблизи крупных городов и промышленных узлов в больших объемах ведется добыча строительных материалов.

В недрах Кемеровской области имеются почти все полезные ископаемые, необходимые ее предприятиям, а именно: железные и марганцевые руды, титан, хром, свинец, цинк, медь, алюминиевое сырье, золото, нерудное сырье для черной и цветной металлургии, строительные материалы, агропромышленное сырье, минеральные воды и т.д. Освоение месторождений этих полезных ископаемых и их использование местными промышленными предприятиями позволит значительно удешевить выпускаемую ими продукцию, создать новые рабочие места в горнодобывающей отрасли.

В пределах Кемеровской области находятся Кузнецкий каменноугольный бассейн и западная часть Канско-Ачинского бурогоугольного бассейна. Запасы угля в Кузбассе составляют 74,2 млрд. т. Проведенный анализ геологического строения области показал возможность выявления и промышленного освоения, кроме угля, и других топливно-энергетических ресурсов. Это метан в угольных месторождениях, свободный природный газ и нефть.

На территории области разведано и учтено Государственным балансом 661 месторождение твердых полезных ископаемых, охватывающих 26 видов минерального сырья. Среди них имеются месторождения и проявления полезных ископаемых, дефицитных для России и конкурентоспособных на мировом рынке минерального сырья. Это уран, хром, титан, марганец, тальк, бетонитовые глины и другие полезные ископаемые.

## **5.1. ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ**

### **5.1.1. ЖЕЛЕЗО**

Известные в области месторождения железа объединяются в группы. В Кузнецком Алатау – это месторождения Тайдонской и Терсинской групп. В настоящее время месторождения этих групп не разрабатываются. Наибольший практический интерес имеют месторождения Горной Шории и, в первую очередь, эксплуатируемые Казское, Таштагольское и Шерегешское месторождения. Основными потребителями железных руд являются ОАО "Кузнецкий металлургический Комбинат" и ОАО "Западно-Сибирский Металлургический Комбинат". Поставки железных руд и концентратов осуществляются с месторождений Кемеровской области, Иркутской области, Красноярского края, Казахстана и Белгородской области (табл.5).

**Таблица 5**

Наименование месторождений	Единица измерения	Объем поставок в 1997 г.	
		КМК	ЗСМК
Таштагольское	тыс. т.	653	323,5
Шерегешское	тыс. т.	700	430
Казское	тыс. т.	682	-
Абаканское	тыс. т.	-	816,3
Левосухаринское	тыс. т.	14	-
Тейское	тыс. т.	1110	68,7
Ирбинское	тыс. т.	936	75,3
Краснокаменское	тыс. т.	557	168,3
Коршуновское	тыс. т.	631	3550
Соколово-Сарбайское	тыс. т.	-	10,4
Лисаковское	тыс. т.	-	324,3
Атасуйское	тыс. т.	-	498,4
Качканарское	тыс. т.	-	474,6

Жайремское	тыс. т.	-	37,7
Бакальское	тыс. т.	-	12,7
Каражальское	тыс. т.	339	-
КМА	тыс. т.	78	-
<b>ИТОГО:</b>	<b>тыс. т.</b>	<b>5700</b>	<b>6790,2</b>

*Казское месторождение* расположено в центральной части Тельбесской группы железорудных месторождений. Эксплуатируется с 1961 г. В Казское железорудное месторождение входит пять участков: Центральные Штоки, Северо-Восточные и Юго-Западные Штоки, Амфитеатр-Бегунец, Большой и Малый Медвежьи, Леспромхозный и несколько мелких рудопроявлений. Все они приурочены к сухаринской свите, образующей два параллельных горст-антиклинальных выступа среди отложений ордовика (Рис. 26).

Рудные тела месторождения линзо – и пластообразные. Усложнение формы рудных тел происходит в зонах тектонических нарушений и в участках широкого развития интрузивных пород. На отдельных участках выделяется от 3 до 13 рудных тел, залегающих согласно с напластованием вмещающих пород. Протяженность отдельных рудных тел по простиранию 125 – 1040 м, мощность 4 – 126 м.

Руды в основном магнетитовые. Сульфидно-магнетитовые и сульфидные руды развиты незначительно и слагают периферические выклинивающиеся части рудных тел. Кроме магнетита отмечаются: пирит, пирротин, амфибол, хлорит, кальцит, флогопит, кварц, полевые шпаты. Выделяются массивные, пятнистые, брекчиевидные, вкрапленные и полосчатые руды. Во внутреннем строении рудных тел наблюдается четкая зональность по содержанию железа. Центральные части сложены богатыми рудами (содержание железа 30 – 50 %), которые у периферии обедняются,

переходя к забалансовым рудам. Технологические свойства всех сортов и типов руд зависят от количества железа в исходной руде.

Для химического состава руд в среднем характерны содержания (%): железа 37,8 – 46,0; извести – 6,4 – 11,9; магнезии – 1,0 – 2,56; серы – 1,0 – 8,14; фосфора – 0,05 – 0,25; цинка – 0,02 – 0,07; мышьяка – сотые доли; меди – до 0,15; свинца – сотые доли; коэффициент основности – 0,32-0,7.

Руды участка Леспромхозного отличаются содержанием магнезии (до 11 %), фосфора (0,75 %), окиси марганца (1,08 %).

При обогащении забалансовых руд с содержанием Fe -- 18 – 23 % извлечение железа в концентрат составляет 37 – 42 % при содержании его в концентрате 58 – 60 %. Забалансовые руды в количестве до 15 млн. т практически полностью попадут в разубоживающую массу. При сухой магнитной сепарации рядовых руд крупностью 25 – 0 мм выделяются продукты с содержанием железа 49 – 52 % при выходе его 81 – 93 % и извлечении 81 – 98 %, мокрая магнитная сепарация измельченных до 0,1 мм промпродуктов дает концентраты с содержанием железа 62 – 64 % при извлечении его 72 – 87 % и выходе 64 – 66 %.

**Таштагольское месторождение** расположено в средней части Горной Шории, в 220 км к юго-востоку от г. Новокузнецка. Оно открыто в 1931 году. В строении Таштагольского месторождения принимают участие породы метаморфической толщи, альбитофировой формации и прорывающей их интрузии сиенитов (рис. 27). Осадочные породы и эффузивные породы в результате интенсивного динамометаморфоза превращены в разнообразные сланцы. Ведущую роль в расшифровке геологического строения и генезиса месторождения играют горизонты карбонатсодержащих пород, так как оруденение приурочено именно к ним.

Всего на участке Таштагольского месторождения выявлено четыре карбонатных горизонта, представленных мергелистыми породами с порос-

лями и линзами мраморных известняков и мраморов, мощность и длина которых по простиранию возрастает с севера на юг. Распределение рудных месторождений в пределах рудного поля контролируется рядом взаимно пересекающихся трещинных зон нескольких направлений, из которых общими для всего рудного поля являются две почти меридианальные трещинные зоны. Промышленные руды месторождения образуют систему рудных тел, кулисообразно заходящих друг за друга как по простиранию, так и по падению. Падение рудных тел на восток – северо-восток, от 80 градусов до вертикального. Местами падение обратное. На месторождении известно 14 крутопадающих столбообразных рудных тел, имеющих в плане неправильные контуры, удлиненные по направлению простирания вмещающих пород.

Наиболее крупным является рудное тело 1, расположенное в северной части месторождения: площадь его на горизонте + 330 м<sup>2</sup> равна 10385 м, а на горизонте + 90 м достигает почти 15000 м<sup>2</sup>. Глубина распространения этого рудного тела пока не выяснена. Оно было вскрыто на глубине 220 м, то есть в 700 м от поверхности.

Рудная залежь прослежена по простиранию на поверхности на 3 км. По падению она разведана на глубину до 1,7 км без признаков выклинивания. Главные рудные тела имеют пласто- и линзообразную форму и местами расчленяются на сближенные и соединяющиеся перемычками линзы. Размеры рудных тел по простиранию 300 – 760 м, по падению 500 – 1000 м и более при средних мощностях 40 – 70 м. Рудное поле разбито системой трещинных зон субмеридионального, северо-западного и северо-восточного простирания. Два крупных субмеридиональных нарушения расчленяют рудную залежь на ступенчатую.

Разведочными работами установлено выклинивание на глубине рудных тел, расположенных в центральной части месторождения, и появление



в юго-восточной и северо-западной частях новых слепых рудных линз. Однако отработка на больших глубинах сейчас нецелесообразна, так как требует изменения технологии добычи, что сопряжено со значительным увеличением затрат. Руды магнетитовые с мартитом (до 10 – 15 %), реже мушкетовитовые, содержат пирит и единичные зерна халькопирита, сфалерита, галенита, блеклой руды и лимонита, вкрапленные или массивные, но чаще полосчатые с ритмичным чередованием туфопесчаника, магнетитовой руды и туфоалевролита. Содержание железа от 36,45 % до 57,41 %, весьма высокое содержание железа (55 – 62 %) имеют открытые на северо-западном фланге слепые рудные тела. Руды Таштагольского месторождения, как правило, малосернистые и чисты по цинку и этим отличаются от руд других месторождений Кондомской группы. Среднее содержание серы в них составляет 0,25 %, цинка – 0,05 %, фосфора – 0,14 %. Основная масса руд пригодна для плавки, без обогащения. Руды с содержанием железа менее 42 % требуют обогащения. Некоторая часть руд нуждается в обессеривании.

*Шерегешское месторождение* находится в 30 км к северо – северо-востоку от железнодорожной станции Таштагол, с которой связано железной и шоссейной дорогами.

В геологическом строении месторождения участвуют вулканогенно-осадочные породы среднего кембрия, терригенные образования ордовика, прорванные габброидами, сиенитами и гранитами Мустаг-Сарлыкского плутона.

Месторождение приурочено к флексуобразному изгибу среднекембрийских пород, представленных в низах разреза андезитовыми порфиритами и туфами среднего состава, переслаивающимися с мраморизованными песчаниками и алевролитовыми известняками, слоистыми известняковистыми алевролитами, литокристаллическими туфами трахито-

вого состава, глинистыми сланцами. Средняя часть разреза сложена преимущественно метаморфизованными известняками и доломитами. В верхах разреза развиты трахитовые порфиры и андезитовые порфириты, туфы кислого и среднего состава (Рис. 28).

Западная часть рудного поля сформирована терригенными породами ордовика, несогласно перекрывающими среднекембрийскую толщу и содержащими в основном базальные конгломерато-брекчии с обломками всех рудовмещающих пород и руд.

Месторождение приурочено к северо-восточному крылу синклинали. Рудовмещающие толщи образуют моноклираль с углами падения  $30^{\circ} - 60^{\circ}$ . В пределах месторождения встречаются многочисленные разрывные субширотные нарушения, сопровождающиеся трещинными зонами, часть которых имеет рудоконтролирующий характер. В рудной зоне развиты магнезиальные и известковые скарны, гидросиликатные околорудные метасоматиты. Образование известковых скарнов и части магнетитовых руд связано с формированием сиенитового массива. Граниты прорывают породы габбро-сиенитового комплекса и связанные с ним скарноворудные образования.

Скарноворудные зоны месторождения имеют пласто- и линзообразную формы и согласное с вмещающей толщей пологое залегание. Преобладающая часть руд приурочена к средней пачке среднекембрийских пород, в меньшей степени – к телам андезитовых порфиритов и древним до-рудным тектоническим зонам.

Основным минералом в рудах является магнетит; второстепенные – пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит; редко встречаются арсенопирит, кальцит, доломит, родохрозит. В скарнах преобладает гранат, эпидот, амфибол; встречаются: хлорит, брусит, форстерит, шпинель, фло-

гопит, клиногумит, тремолит, серпентин, фассаит, ксантофиллит, диопсид, актинолит, апатит, биотит.

Рудный магнетит связан с тремя ассоциациями: 1) магнетит в ассоциации с минералами магнезитовых скарнов; 2) магнетит в ассоциации с минералами апоскарнов; 3) магнетит в ассоциации с минералами известковых скарнов. Магнетиты этих ассоциаций различаются по средним содержаниям элементов-примесей. Основная часть магнетита образовалась вместе с магнезиальными скарнами, незначительная часть магнетита связана с апоскарнами и известковистыми скарнами.

На месторождении выделяют богатые (сплошные) магнетитовые руды с содержанием железа более 45 %, богатые вкрапленные скарновые руды, содержащие 30 – 45 % железа, бедные вкрапленные скарновые руды, содержащие 20 – 30 % железа. Запасы руд по категориям А + В + С - 234 млн. т, при среднем содержании железа 35 %.

*Ташелгинское месторождение* расположено в 140 км от г. Новокузнецка вблизи трассы Абакан – Новокузнецк. Оно выявлено в 1930 году (Рис. 29).

В строении рудного поля участвуют преимущественно древние метаморфизованные образования (амфиболиты, доломиты, мраморы и метаморфические сланцы). Породы прорваны интрузиями диоритов, гранитов и габбро. В контактовой зоне выделяются магнезиальные скарны, известняковые скарны и железные руды. Рудные тела имеют линзо- и пластообразную форму, наиболее крупные из них имеют длину от 320 м до 1250 м и по падению прослежены на 500 м без выклинивания. Средние мощности четырех наиболее крупных тел 23,4 м, 18,5 м, 18,0 м, 9,1 м. Главным рудным минералом является магнетит, а в окисленных рудах – мартит, гематит, из скарновых минералов – гранат и пироксен. Содержание железа в рудах от 39,0 % до 46,5 %. Руды малофосфористые, хорошо обогатимые при содер-

жании железа в концентрате 62 – 64 %. Из полезных примесей значимым является содержание кобальта.

Запасы руд по промышленным категориям – 88 млн. т. Возможна открытая добыча. С глубиной выклинивание рудных тел и ухудшение качества руд не наблюдается. Ташелгинское месторождение является первоочередным для промышленного освоения.

### **5.1.2. МАРГАНЕЦ**

В Кемеровской области известно большое количество (до 500) рудопроявлений и несколько месторождений марганца. В настоящее время наибольший промышленный интерес представляет Усинское месторождение, открытое в 1938 году профессором К. В. Радугиным, по разведанным запасам крупнейшее в России. Однако освоение этого месторождения требует значительных капиталовложений.

В последние годы, в связи с дефицитом марганца, а также в связи с учетом современных кондиций начато освоение мелких месторождений Салаира и Горной Шории. Наиболее известное и хорошо изученное Дурновское месторождение в Гурьевской области (Рис. 30).

Выделяют два главных типа промышленных марганцевых руд: 1) первичные браунитовые руды массивной, слоистой и брекчиевой текстуры, слагающие все марганцевые тела; 2) вторичные псиломелановые руды, являющиеся продуктом натечно-скорлуповатых, почковидных и корковых образований.

Рудная пачка месторождения не представляет собой единого марганцеворудного тела. Она состоит из отдельных рудных залежей пластовой и линзовидной формы, переслаивающихся со слабо ожелезненными и омарганцованными кварцитами и порфироидами. Мощность ее около 40 – 50 м. Рудные тела прослеживаются с юго-востока на северо-запад на расстоянии 300 м, углы падения их 45 – 50°.

В этой сложно построенной пачке пород отчетливо выделяются девять пластов – линзовидных браунитовых тел. Они характеризуются неравномерным пространственным развитием - то быстро выклиниваются, то прослеживаются до 180 – 200 м по простиранию и более чем на 150 м по падению при средней мощности около 4 м. Мощность руд в центральных частях линз 4 – 5 м.

В браунитовых рудах содержатся (в %): Mn – 6,5 - 26,5; Fe - 2,2 – 13,3; P – 0,01 – 0,11; S – 0,09 – 0,17; SiO<sub>2</sub> - 15,5 – 48,6. В кларках концентрации: Cu – 2,7; Pb – 48; Zn – 36; As – 60; Ba – 33; Ag – 150 – 200; Sb – до 1000 и более.

Запасы первичных окисных (браунитовых) и окисленных псиломелановых руд месторождения оцениваются в 0,6 млн. т при среднем содержании марганца около 20 %. Руды используются на КМК.

**Усинское месторождение** марганцевых руд является крупнейшим в Сибири. Оно находится в районе среднего течения р. Усы, правого притока р. Томи. Месторождение относится к известково-доломитовой эвгеосинклинальной формации, характеризующейся довольно сложным и латерально невыдержанным составом. Формация эта соответствует усинской свите нижнего кембрия, которая простирается в виде субмеридиональной полосы в центральной части хребта Кузнецкий Алатау.

Месторождение приурочено к крутому (70 – 90<sup>0</sup>) западному крылу синклинали; восточное крыло этой складки уничтожено интрузиями гранитоидов и диоритов (Рис. 31). Породы, образующие формацию, нарушены многочисленными мелкими разрывами, осложнены локальной складчатостью, прорваны дайками диоритов. В районе месторождения в составе формации отчетливо выделяются три части: подрудная, рудоносная и надрудная. За пределами месторождения эти подразделения быстро переходят в однородную, трудно расчленимую карбонатную формацию.

Породы нижней, подрудной части, по-видимому, согласно залегают на толще зеленокаменных сланцев, являющихся измененными вулканическими породами основного состава. Иногда в подошве формации лежат красноцветные туффитовые песчаники, мощностью до 200 м, быстро выклинивающиеся по простиранию. Подрудные отложения состоят из известняков, доломитов и их брекчий суммарной мощностью до 1000 м.

Рудоносная часть формации сложена неравномерно перемежающимися преимущественно марганцевыми известняками, манганокальцитовыми и кальциево-родохрозитовыми рудами с темными, слабо марганцовистыми известняками и черными сланцами. Эти рудоносные породы согласно лежат на подстилающих известняках.

Надрудная часть формации представлена главным образом светло-серыми известняками. В заметных количествах отмечаются темные пятнистые известняки и черные пиритсодержащие сланцы.

Эти породы связаны постепенным переходом с рудоносными отложениями. Мощность надрудных отложений 1500 – 2000 м.

Месторождение образовано тремя линзовидными залежами, вытянутыми параллельно общему простиранию в северо – северо-западном направлении на 4,6 км. Северная (Правобережная) залежь представлена асимметричной линзой, мощностью до 215 м, постепенно выклинивающейся к югу до нескольких метров.

Центральная, или Левобережная, залежь располагается несколько южнее. Она образована неравномерно перемежающимися карбонатными марганцевыми рудами и заметно преобладающими марганцевыми известняками и черными сланцами, общей мощностью до 170 м. Далее на юг рудоносная пачка расклинивается, руды Центральной залежи замещаются темными марганцовистыми известняками и черными пиритсодержащими сланцами. Последние примерно через 200 – 300 м к юго-востоку переходят

в Южную (Ажигольскую) залежь. Эта залежь представлена серией ферро-родохрозитовых и манганокальцитовых линз (до 25 м), чередующихся с существенно доминирующими темными марганцевыми известняками и черными кремнисто-серицитовыми сланцами. По сравнению с двумя более северными залежами, в Южной залежи отмечается большее количество бедных манганокальцитовых руд, марганцовистых известняков, черных сланцев, вследствие этого общая мощность рудоносной пачки увеличивается до 370 м.

На месторождении известно два типа руд: первичные карбонатные и окисленные, развитые в коре выветривания по первичным рудам и марганцовистым породам.

Среди первичных руд выделяются родохрозитовые, известково-родохрозитовые и хлорит-родохрозитовые. Содержание марганца соответственно 20, 10 – 20 и 17 – 22 %. Генезис этих руд вулканогенно-осадочный. Руды перемежаются с марганцовистыми известняками.

Окисленные руды представлены образованиями коры выветривания, которая установлена почти на всей площади распространения марганцеворудной толщи. Среди окисленных руд выделяются псиломелановые, вернадитовые и пиролюзитовые разновидности (содержание Mn 26,5 – 27,7 %).

Суммарные запасы по месторождению с учетом забалансовых руд (5 – 10 % Mn) 150 млн. т, в том числе около 11 млн. т окисленных руд. По условиям залегания руд и рельефу наиболее выгодна разработка месторождения открытым способом. На базе этого месторождения возможна карьерная разработка окисленных руд с годовой производительностью 300 тыс. т, а так же попутная добыча до 3 млн. т флюсовых известняков в год, что позволит отказаться от привозных руд Казахстана.

## **5.2. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ**

### **5.2.1. АЛЮМИНИЙ**

В Кемеровской области выявлены разнообразные виды алюминиевого сырья. Это бокситы разного типа и возраста, а также каолиновые и нефелиновые породы (в том числе уртитового ряда). Разрабатывается Кия-Шалтырское месторождение нефелиновых руд.

### **Бокситы**

Выявлены месторождения бокситов на Салаире (Бердско-Майское, Обуховское, Октябрьское, Новогоднее) и в Южно-Салаирском районе - Бочкаревское, Красиловское, которые пока не разрабатываются, как и наиболее крупные по запасам месторождения Барзасской группы.

Типичным следует считать Обуховское месторождение на Салаире и Барзасское на севере области.

*Обуховское месторождение* расположено в центральной части Залесовской впадины, выполненной песчано-сланцевыми и карбонатными отложениями среднего девона, прорванными интрузиями адамеллитов. Под воздействием интрузий все виды породы сильно кристаллизованы – известняки перекристаллизованы, песчано-сланцевые породы ороговикованы, бокситы превращены в корундово-сланцевые породы (Рис. 32).

Месторождение представляет собой сложенную известняками брахи-антиклинальную структуру. В юго-восточной части выявлено два рудных горизонта: нижний – обуховский и верхний – бердский. Горизонты разделены толщей известняков, мощностью от 160 до 250 м. Обуховский горизонт залегает на неровной поверхности нижнедевонских мраморизованных известняков, его мощность достигает 8 м. В известняках почвы часто наблюдаются карманы, выполненные бокситами. Рудный горизонт залегает под углами  $0 - 90^{\circ}$ , в среднем  $30^{\circ}$ . В кровле рудный горизонт переслаивается с черными битуминозными известняками. Бердский горизонт залегает на известняках хвощевской свиты, мощность его около 8 м. На месторождении, кроме коренных, известны обломочные руды. Последние образуют



элювиальную залежь, сложенную обломками и глыбами бокситов среди пестроцветных глин.

Основным рудообразующим минералом бокситов месторождения является корунд. В зависимости от его содержания выделяются корундовые, слюдисто-корундовые и корундово-слюдистые разновидности руд. Первые разновидности преобладают (составляют около 90 %). Все разновидности связаны между собой постепенными переходами.

Корундовые бокситы имеют темно-серую и черную окраску, плотное сложение. Средний химический состав их следующий (в вес. %):  $\text{SiO}_2$  - 0,16;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 64,5;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 1,6;  $\text{FeO}$  - 14,0;  $\text{TiO}_2$  - 2,87;  $\text{CaO}$  - 0,73;  $\text{MgO}$  - 1,61; S - 0,63; п.п.п. - 4,41.

Слюдисто-корундовые бокситы - это рассланцованные руды серого цвета, состоящие из корунда, небольшого количества диаспора, лептохлоритов и слюды. Их химический состав (в вес. %):  $\text{SiO}_2$  - 20,5;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 53,4;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 4,3;  $\text{FeO}$  - 8,4;  $\text{TiO}_2$  - 2,5;  $\text{CaO}$  - 4,1;  $\text{MgO}$  - 2,3; S - 2,3; п.п.п. - 4,7.

Корундово-слюдистые разновидности бокситов имеют серую, редко бурю окраску и сильно рассланцованы. Среднее содержание основных компонентов составляет (в вес. %):  $\text{SiO}_2$  - 16,4;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 28,4;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 9,2;  $\text{TiO}_2$  - 1,5;  $\text{CaO}$  - 6,4; п.п.п. - 5,4.

**Барзасское месторождение** расположено на севере Кемеровской области в бассейне р. Золотой Китат, разведывалось в 1952 - 1960 гг. под руководством Д. И. Емельяновой.

Рудное поле занимает область слабо всхолмленного рельефа с абсолютными высотами водоразделов 300 - 400 м. Дорудный складчатый фундамент месторождения сложен породами протерозойского и кембрийского возраста, среди которых преимущественно развиты графитистые мраморы и чередующиеся с ними амфиболиты терсинской свиты среднего протеро-

зоя. Кора выветривания наиболее развита по амфиболитам и мраморам, мощность ее 80 м, а средняя 30 м (Рис. 33).

Бокситоносны глинистые отложения кийской свиты нижнего мела, которые перекрываются песчано-гравийно-галечными породами симоновской свиты верхнего мела и четвертичными образованиями. Кийская свита (мощность 16 м) делится на два горизонта: нижний – красноцветный, с которым связаны основные запасы бокситов, и верхний сероцветный – надбокситовый, включающий залежи огнеупорных глин.

Рудный горизонт прослежен на протяжении 20 км, где известно 41 рудное тело бокситов, объединенных в несколько залежей. Бокситовые залежи приурочены к верхней части красноцветного горизонта, выполняя широкие эрозионные котловины либо небольшие карстовые впадины. Залежи эрозионных котловин характеризуются однослойным строением и относительно выдержанной мощностью (в среднем 3 м). В карстовых впадинах залежи многослойные, мощность их до 28 м. Глубина залегания бокситовых залежей изменяется от 3 до 40 м от поверхности (в среднем 20 – 30 м). Каждое месторождение состоит из нескольких залежей бокситов. Среди бокситов выделяют каменистые, рыхлые и глинистые разновидности. Среднее содержание (в %)  $Al_2O_3$  - 41,5 и  $SiO_2$  - 14,5 (при колебаниях  $Al_2O_3$  - 40,6 – 41,7 и  $SiO_2$  - 13,0 – 15,3).

## НЕФЕЛИНОВЫЕ ПОРОДЫ

В Кузнецком Алатау (включая Горную Шорию) выявлен ряд месторождений. Нефелиновые породы слагают сложные интрузивные массивы. Они залегают в карбонатных толщах или в богатых карбонатными породами пирокластических толщах. Нефелиновые породы наиболее богаты глиноземом. Они образуют значительные по размерам тела, обычно выдержанные по минералогическому и химическому составу. Для них характерны повышенные содержания  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{MgO}$ .

В эту группу входят Кия-Шалтырское и Горячегорское месторождения.

***Кия-Шалтырское месторождение*** уртитов расположено в северной части Кузнецкого Алатау, в истоках реки Кийского Шалтыря, правого притока реки Кии. Разведано в 1957 – 1972 гг. Месторождение приурочено к дифференцированному Кия-Шалтырскому массиву щелочных пород. Массив имеет полукольцевую штокообразную форму, с крутыми контактами и зональное строение. Уртиты образовались в первую стадию формирования, в виде дугообразного тела, огибающего юго-восточную часть массива. Вдоль контакта уртитовых тел в виде прерывистой оторочки распространены скарны. Установлено, что уртитовое тело имеет форму клина с падением под углом  $80 - 90^\circ$ , длина его 2,3 км, ширина 20 – 230 м, площадь выхода  $0,31 \text{ км}^2$ . Тело выклинивается на глубине 900 – 320 м от поверхности. Центральная часть рудного тела на протяжении 800 м вскрыта карьером.

Руды (уртиты) характеризуются выдержанным минеральным составом, они состоят преимущественно из нефелина (75 – 90 %, в среднем 85,4 %) и титан-авгита (10 – 25 %, в среднем 13,5 %). Кроме того присутствуют давсонит – минерал, перспективный для получения алюминия. Второсте-

пенные и акцессорные минералы представлены эгирин-авгитом, апатитом, пирротинном, тианомагнетитом.

Уртиты Кия-Шалтырского месторождения относятся к наиболее богатым нефелиновым рудам. По устойчивой качественной характеристике они близки Кольскому нефелиновому концентрату и используются для получения глинозема без предварительного обогащения. Содержания основных компонентов в рудах месторождения весьма постоянны (в вес. %):

$\text{SiO}_2 - 40; \text{Al}_2\text{O}_3 - 27 - 28; \text{Fe}_2\text{O}_3 - 4; \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} - 13.$

На месторождении добывается около 4 млн. т нефелиновых руд, которые без обогащения идут на Ачинский глиноземный завод. Обеспеченность рудника на срок более 20 лет. Детальные геологоразведочные работы, к сожалению, не выявили промышленных месторождений аналогичных по запасам и качеству Кия-Шалтырскому.

### **5.2.2. СВИНЕЦ И ЦИНК**

На Салаире известно более 250 месторождений и рудопроявлений полиметаллических и медных руд. Известные на Салаире рудные месторождения и рудопроявления по геолого-структурному положению группируются в рудные поля, рудоносные полосы и зоны. Часть мелких месторождений по чисто пространственному признаку объединена в группы, геологическая позиция которых остается невыясненной.

Открытые в 1781 году Д. П. Поповым Салаирские месторождения с перерывами эксплуатировались до 1896 года, а затем работы возобновились только в 1927 году и продолжаются до настоящего времени. В 1997 году добыто свинцового концентрата 4,9 тыс. т, цинкового концентрата – 18,3 тыс. т и 116,4 тыс. т баритового концентрата. Большая часть добываемого из полиметаллических руд Au и Ag связана со свинцовым концентратом.

*Салаирское рудное поле* имеет площадь 6 км<sup>2</sup>. Западная часть его сложена интрузивными крупнопорфировыми кварцевыми кератофирами,

восточная – осадочно-эффузивными породами. Окаймляется рудное поле со всех сторон слабораморизованными известняками. Рудные тела Салаирского рудного поля объединяются по пространственной близости в отдельные месторождения. Приурочены они к крутопадающим меридиональным зонам смятия. Наиболее крупная – Центральная зона, имеющая ширину 100 – 250 м и протягивающаяся через все рудное поле. Располагающиеся в зонах рудные тела имеют сложную линзо- и жилообразную форму. Сложены они барит-полиметаллическими сульфидными рудами, на верхних горизонтах значительно окисленными (Рис. 34).

Выделяются несколько месторождений, из которых наиболее интересны "Кварцитовая Сопка" и "Первый Рудник".

**Месторождение "Кварцитовая Сопка"** единственное полиметаллическое месторождение, разрабатываемое Салаирским ГОКом, с разведанными запасами на 12 лет.

Рудные тела приурочены к зоне смятия и залегают в крупнопорфировых кератофирах вблизи их контакта с мелкопорфировыми эффузивными кератофирами. Условно выделяются два рудных тела Западное и Восточное, каждое из которых состоит из сливающихся и разъединяющихся ветвей, что обуславливает крайне сложную форму залежи. Западное рудное тело имеет длину на разных горизонтах 205 – 950 м. Длина Восточного рудного тела 390 – 560 м.

Падение рудных тел западное, под углом 35 - 55<sup>0</sup>. Сложены они сплошными и прожилково-вкрапленными сульфидными рудами, содержащими свинец и цинк в отношении 1:5. До глубины 100 – 150 и от поверхности распространена зона окисления, в которой руды представлены кварцем и баритом. Кроме свинца и цинка в концентрате присутствуют золото и серебро. А баритовый концентрат используется в химической и нефтяной промышленности.

*Месторождение "Первый Рудник"* расположено в южной части Салаирского рудного поля. Большинство рудных тел известно из архивных данных и к настоящему времени в окисленной зоне частично или полностью отработано. Рудные тела имеют сложную линзо- или жиллообразную форму, северо-западное до меридианального простирание, юго-западное или западное падение под углом  $15 - 30^{\circ}$ , что отличает их от большинства других рудных тел Салаирского рудного поля, залегающих более круто.

Перспективы развития Салаирского ГОКа в определенной степени связаны с выявленным Июньским месторождением.

### **5.3. БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ**

#### **5.3.1. Золото**

Территория Кемеровской области является одним из старейших в России золотодобывающих регионов. Всего за полуторавековую историю золотодобычи из недр извлечено более 150 т, при том большая часть добыта до 1917 году.

Добыча золота в Западной Сибири началась в I – II вв. до н.э. С 1926 года она возобновилась в зонах окисления полиметаллических месторождений Алтая и Салаира. К середине прошлого столетия в Западной Сибири были открыты россыпи. Обобщения по золотоносности отдельных районов имеются в трудах Г. Гельмерсена, Г. Е. Щуровского и П. П. Чихачева.

В 1861 года добыча золота в Западной Сибири начинает постепенно падать в связи с истощением россыпей, но начинается разработка рудных месторождений (Берикульское, Центральное, Комсомольское), а в последние годы и Натальевское месторождение. Большой практический интерес представляют рудные и россыпные месторождения Мариинской тайги.

Наибольшей известностью и изученностью характеризуются месторождения золото – сульфидно – кварцевой формации. По возрасту оруденение тяготеет к каледонскому циклу и интрузиям гранитоидного состава.

Вмещающими породами являются граниты, порфириды и метаморфические сланцы, редко известняки. В морфологических типах преобладают жилы преимущественно кварцевого состава. Золото в кварцевых жилах обычно ассоциирует с пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом. Жилы имеют протяженность первые сотни метров при мощности, редко превышающей 1 м. Золото распределено неравномерно, чаще всего с пиритом, реже в самородном виде. Промышленное содержание – первые граммы на тонну. Глубина отработки обычно 300 – 500 м. С глубиной содержание золота падает.

Представителем золото – сульфидно – скарновой формации является Натальевское месторождение, расположенное в Тисульском районе. Вмещающими породами являются известняки, эффузивы кислого и основного состава. Рудные тела неправильной формы, редко линзо- и плитообразные, часто гнезда со сложными очертаниями и размерами от одного метра до нескольких десятков метров в поперечнике. Распределение золота в них крайне неравномерное. Обогащенные золотом гнезда образуют в рудных телах выдержанные по падению, но часто прерывистые, столбы, возникшие на пересечении систем трещиноватости. Минералами-спутниками золота являются халькопирит, пирит, сфалерит, скарновые минералы – тремолит, волластонит и другие. Содержание золота высокое, но весьма неравномерное. Глубина отработки небольшая.

В большей степени известны золотоносные россыпи, выделяющиеся крупными запасами (россыпи р. Б. Кундат) и высоким содержанием золота и самородками (россыпь р. Кундустуюл). Благоприятным для образования россыпей являются коренные источники питания, представленные кварцево-жильным типом и минерализованными зонами, роль других коренных источников питания крайне ограничена.

Некоторые современные россыпи сформировались в значительной мере за счет перемыва золотосодержащих отложений более древних эрозионно-аккумулятивных циклов. Наиболее продуктивные и протяженные россыпи располагаются в среднегорной зоне рельефа, где имеет место наиболее благоприятное сочетание геоморфологического и металлогенического факторов. Пространственные и парагенетические связи золотоносных россыпей района обуславливают концентрацию их в узлы (Талановский, Берикольский, Тайдонский и другие участки).

В зависимости от приуроченности россыпей к определенным элементам древней и современной гидрографической сети выделяются промышленные морфогенетические типы россыпей: "древние" аллювиальные террасовые – р. Талановая в Мариинской тайге, многие россыпи Барзаского района и Салаира, современные долинные и русловые аллювиальные россыпи – Горная Шория, р. Кия и р. Кундат в Мариинской тайге.

В "древних" россыпях золотоносный пласт представлен сортированным, хорошо окатанным галечником, сцементированным плотной вязкой пестроокрашенной глиной. Почва этих россыпей – плотная, темно-бурая охристая глина с обломками различных пород, но иногда золотоносный пласт залегает непосредственно на плотике. Мощность золотоносного пласта колеблется от 1,0 до 12 – 16 м (долина р. Талановой). Характерно распределение золота по всей мощности продуктивного горизонта. Золото обычно хорошо окатанное, реже – полуокатанное, сростки с другими минералами редки. Пробность золота в древнеаллювиальных отложениях высокая (800 - 900), примерно на 80 – 100 единиц выше пробности такового в современных россыпях. Перспективы этих россыпей оцениваются достаточно высоко.

Долинные россыпи пользуются широким распространением, они приурочены к долинам рек, речек и крупных ручьев. По протяженности



россыпи обычно невелики (до 3 – 5 км), лишь отдельные россыпи имеют длину промышленной части более 10 км. Золотоносными являются отложения поймы (низкой и высокой – иногда они не разделяются) и русла. Ширина долины и, соответственно, ширина промышленного контура меньше, чем в долинных россыпях более высоких порядков. Ширина промышленной части колеблется в пределах 30 – 50 м, редко до 100 м. Торфяные отложения россыпи сложены глинами, суглинками со щебнем и дресвой, мощностью 2 – 5 м, реже до 7 м. Золотоносным является аллювиальный горизонт, состоящий преимущественно из галечного материала с переменным, но подчиненным содержанием песка, глины и валунов. Мощность продуктивного горизонта 2- 3 м, редко до 5 м и более, на участках интенсивного вреза уменьшается до 0,8 – 1,6 м. Золото в долинных россыпях преимущественно чистое, хорошо окатанное, средней крупности, на участках размыва золоторудных проявлений появляется шероховатое неокатанное золото, в сростках с кварцем и породой. Самородки обычно редки и небольших размеров, наиболее крупный самородок весом 10 кг был поднят из долинной россыпи р. Кундустуюл. Средняя пробоность золота долинных россыпей 800 – 850.

Вторым крупным золотоносным районом является Салаир. Основным объектом добычи золота на Салаире являются месторождения колчеданно-полиметаллической формации, из которых благородные металлы (золото и серебро) извлекаются попутно. Содержание золота в них колеблется от 1 до 3 г/т (среднее 1,9 г/т), серебра от 5 до 30 г/т, при среднем 18,8 г/т. Добыча благородных металлов на месторождениях Салаирского рудного поля, которое является пока единственным эксплуатируемым объектом, равна 40 т золота и 2289 т серебра. Суммарное же количество балансовых запасов и прогнозных ресурсов на месторождениях колчеданно-полиметаллической формации, включая зоны окисления (Салаирское, Ка-

менушинское, Урское, Копенно-Ускандинское и Золотогорское рудные поля) равно 206,7 т, серебра – 3415,5 т (Сыроватский и др.).

Вторым источником золота на Салаире являются россыпные месторождения. Из них на протяжении около 150 лет извлечено 23,1 т золота. Источником благородного металла в россыпях служат месторождения колчеданно-полиметаллической формации и сопровождающие их вторичные кварциты.

Техногенные россыпи. За многолетнюю историю отработки золотоносных россыпей накопились огромные запасы горной массы, по имеющимся данным, рентабельные для вторичной переработки. Обеспеченность запасами золота по отдельным россыпям 1 – 5 лет, причем основная доля золота добывается из долинных россыпей. В середине 80-х годов широкое распространение в мире получила технология кучного выщелачивания (кв). Цианирование бедных руд по экономическим соображениям проводят не на фабрике, а на открытом воздухе "в кучах" методом орошения. Золото из цианистых растворов выделяют тем же способом, что и при фабричной обработке руд. Таким способом начата переработка бедных руд и техногенных отвалов на Кундате.

## **5.4. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ**

### **5.4.1. ДОЛОМИТЫ**

Доломиты широко распространены в Кузнецком Алатау, в Горной Шории на Салаире. Всего в Кемеровской области известно более 30 проявлений доломитов. Наиболее крупным из них является месторождение Большая Гора.

*Большая Гора* – единственное эксплуатируемое месторождение доломитов в Сибири, используется для нужд черной металлургии. Месторождение находится в Горной Шории (рудник Темиртау). Геологически оно

расположено в западной краевой части Тельбесского массива гранитов и представляет собой один из выступов древних карбонатных пород.

Доломиты повсеместно мраморизованы, строение их массивное, средне- и мелкокристаллическое без признаков слоистости и полосчатости. Длина разведанного доломитового тела месторождения Большая Гора 1,3 км при ширине 400 м и глубине распространения свыше 500 м. Доломиты месторождения Большая Гора пересекаются многочисленными дайками диабазов и порфиритов мощностью от нескольких сантиметров до 20 м и более.

Основные требования, предъявляемые к качеству потребляемого доломита следующие. MgO – не ниже 17,5 %, SiO<sub>2</sub> + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – не выше 8 %. Среднее содержание этих компонентов по месторождению соответственно 19,8 % и 2,7 %. Подсчитанные запасы удовлетворяют потребность металлургии Кузбасса на 40 лет.

#### **5.4.2. КВАРЦИТЫ**

На северо-западной окраине Кузнецкого Алатау расположены все крупные промышленные месторождения кварцитов, объединенные в Антоновскую группу месторождений. Локализуются они в карбонатно-сланцевой толще нижнего кембрия, образующей совместно с докембрийскими отложениями Яйский горстовый выступ. Непосредственно на площади месторождений распространены чередующиеся глинистые, глинисто-кремниевые, углисто-глинисто-кремниевые сланцы и кварциты (силициты) верхней пачки нижнего кембрия (Рис. 35).

В современном состоянии кварцитовые тела имеют вид линз, сгруппированных в закономерные пояса согласно общей структуре района. Иногда их пластообразный характер сохраняется на расстоянии до 2000 м.

Кварциты – макроскопически белые, серые, черные и красные скрытокристаллические породы, однородные или слоистые, нередко пятнистые

с причудливым рисунком, твердые, с режущим раковистым изломом. Наиболее широко распространены светлоокрашенные разности.

Для месторождений Антоновской группы характерно исключительное постоянство их минерального и химического состава. Высокое (96 – 99,53 %) содержание кремнезема равномерно выдерживается на всей площади как на поверхности, так и на глубину, составляя в среднем по месторождениям: Гора Брусничная – 98,25 %, юго-восточное продолжение горы Брусничной – 98,32 %, Сопка-248 – 98,32 % и Правобережное – 98,23 %, при содержании глинозема соответственно – 0,65 и 0,66 %.

Плотность кварцитов – 2,65; объемная масса – 2,62; пористость – 1,3; водопоглощение – 0,35; механическая прочность – 110 – 200 Мпа; огнеупорность – 1740<sup>0</sup>С. все перечисленные качественные показатели соответствуют современным кондициям.

Разведанные запасы кварцитов на месторождениях Антоновской группы обеспечат деятельность предприятия более чем на 60 лет.

### **5.4.3. ФОСФАТНОЕ СЫРЬЕ**

Из многочисленных рудопроявлений и месторождений первоочередным для промышленного освоения является открытое в 1957 году в Горной Шории Белкинское месторождение.

*Белкинское месторождение* находится в 40 км от железнодорожной станции Таштагол. Площадь рудного поля 70 км<sup>2</sup>. Минеральный состав фосфатносной пачки (в вес. %): кальцит – 20 – 65 %, доломит – 8 – 40 %, пелитоморфный фосфат – 20 – 35 %, флюорит – до 2 %, органическое вещество – до 3 %. Оно располагается в крыльях Нымзас-Белкинской синклинали, разделенной сложной брахиантиклиналью. Соответственно складчатости и плану боковых перемещений простирание по участкам меняется от меридианального до широтного, а углы падения от 10<sup>0</sup> до 85<sup>0</sup>.

Балансовые запасы пластовых фосфоритов месторождения (при установленных бортовом и минимально-среднем содержаниях  $P_2O_5$  – 7 %): 18,9 млн. т по категории  $C_1$  и 146,8 млн. т по категории  $C_2$ . На месторождении, кроме того, еще учтено по категории  $C_2$  100 млн. т фосфоритов. Химический состав фосфоритов следующий:  $P_2O_5$  - 6 – 12 %;  $CaO$  - 40 – 53 %;  $MgO$  - 5 – 12 %;  $CO_2$  - 28 – 32 %;  $SiO_2$  - 0,5 – 1 %;  $Al_2O_3$  - до 1 %;  $FeO$  - 0,2 – 0,5 %.

Запасы, разведанные по промышленным категориям, позволяют организовать производство фосфорных удобрений, обеспечивающие потребности области и региона.

#### 5.4.4. МРАМОР

*Пуштулимское месторождение* мрамора расположено в 120 км юго-западнее г. Бийска, вблизи границы с Кемеровской областью. Месторождение открыто в начале XX века и предварительно разведано по категориям В и  $C_1$ . Оно приурочено к переходной зоне вулканогенно-осадочных образований печоркинской свиты и карбонатных образований гавриловской свиты (Рис. 36).

Средняя мощность кровли 13,8 м. Линзовидная залежь мрамора выдержана по элементам залегания и мощности. Длина 170 – 190 м, ширина 85 – 95 м, мощность 50 – 80 м, глубина залегания от поверхности 0 – 30 м. Мраморы с поверхности закарстованы. Минеральный состав: кальцит – 98,5 %, кварц – до 22 %. Технологические испытания мраморных блоков показали, что мраморы месторождения легко полируются алмазными фрезами и имеют приятную окраску (преобладают светлоокрашенные разновидности). Запасы утверждены в 1983 году. Минимальный выход блоков не менее 9 %, при среднем по месторождению – 14 %. По ГОСТу мрамор отвечает требованиям и может быть использован для всех видов строительства без ограничений. В частности, для облицовки станций метрополитена.

#### 5.4.5. ТАЛЬК

*Алгуйское месторождение* талька расположено в верховьях р. Алгуй, в 55 км к востоку от г. Междуреченска. Открыто в 1960 году при проведении геолого-съёмочных работ масштаба 1:50000. Месторождение разведано с поверхности шурфами, канавами и колонковым бурением по сети 33-115x20-26 м, со сгущением. Глубина скважин 20 – 285 м. На горизонте + 680 м пройдены штольни, штреки и орты с рассечками (Рис.37).

Доломитовая толща представляет собой полосу длиной 8 км и шириной 2 км. Общая структура тощи – синклинальная, осложненная дополнительными складками. Вмещающие породы мраморизованы, скарнированы, серпентинизированы и оталькованы. Залежь порошковатых тальцитов имеет сложную линзообразную форму, вытянута в северо-восточном направлении на 750 – 900 м. Горизонтальная мощность залежи от 25 – 200 м в южной части, до 340 м на севере месторождения.

Практический интерес представляют чистые разновидности талька с содержанием MgO более 27 % и серые разновидности с содержанием MgO – 22 – 27 %. Технологические испытания показали пригодность талька в электро- и радиопромышленности, кабельном и сталелитейном производстве как наполнителя резин, в изготовлении бумаги и пластмасс, в медицинской и лакокрасочной промышленности.

Тремолиты и тальк пригодны для использования в производстве керамики, а также в текстильной, шинной фармацевтической и других отраслях промышленности. На месторождении талька приняты ГКЗ запасы 11 млн. т и предварительно оценены тремолиты в количестве 15 млн. т.

#### 5.4.6. ЦЕОЛИТЫ

В Кузбассе в последние 15 – 20 лет выявлен крупный цеолитоносный район, обеспечивающий возможность создания мощной сырьевой базы природных цеолитов, способной удовлетворить потребности агропромышленного комплекса и промышленности в данном виде минерального сырья. Общие ресурсы Кузбасского цеолитоносного района оцениваются в более 500 млн. т. Наиболее изученным является Пегасское месторождение цеолитов.

*Пегасское месторождение* расположено в 40 км от пос. Салтымаково и в 120 км от г. Кемерово. Оно открыто в 1976 году. В структурном отношении месторождение приурочено к бунгарайской брахиантиклинали. Вмещающими породами являются туфогенно-осадочные породы триасового возраста. Месторождение разведано по сети 200×200 м и 400×400 м до глубины 250 м. Продуктивными являются цеолитизированные туфы, туфоалевролиты и туфопесчаники. Выявлено более 10 пластов, из них наиболее перспективны пласты 6, 7, 8, залегающие полого моноклиналино. Пласт 6 насчитывает в длину 7200 м, в ширину от 200 м до 1340 м (в среднем 840 м). Мощность пласта от 2,3 м до 6,6 м (средняя 3,8 м) и глубина залегания от 6 м до 140 м. Пласт 7 длиной 5900 м, шириной от 260 м до 1160 м (в среднем 620 м) и мощностью от 0,8 и до 4,6 м (в среднем 2,7 м). Глубина его залегания от 6 м до 140 м. Пласт 8 имеет следующие размеры: длина 1580 м, ширина от 80 м до 540 м (в среднем 280 м), мощность от 0,4 м до 2,8 м (средняя 1,8 м), глубина залегания 6 – 86 м (Рис.38).

Разведанные запасы составляют 44 млн. т, а прогнозные ресурсы месторождения 220 млн. т.

#### **5.4.7. ФЛЮСОВЫЕ ИЗВЕСТНЯКИ**

*Гурьевская группа месторождений* флюсовых известняков расположена в 150 км от г. Новокузнецка и является основным поставщиком

карбонатного сырья для металлургии Кузбасса. Месторождения разрабатываются горно-рудным управлением КМК более 50 лет.

Площадь месторождений (5,5×1,5 км) слагают известняки нижнедевонского возраста, общей мощностью 1200 м. Входящие в состав известняковых толщ терригенные соли являются естественными границами месторождений или их отдельных участков. В группу входят несколько месторождений, из них два – Малосалаирское и Карачкинское, которые разрабатываются карьерами. Размеры месторождений на поверхности 1900×70 – 670 м (Малосалаирское месторождение), Карачкинское 170×430 – 800 м. Балансовые запасы утверждены в количестве 250 млн. т со средним содержанием основных компонентов (в %): оксид кальция – 54,1 %, сера – 0,03 %, фосфор – 0,03 %. Наиболее высокие требования предъявляются к известнякам, используемым в конвертерном производстве ЗСМК. Выявленные запасы позволяют обеспечить плавнями черную металлургию Кемеровской области на многие десятилетия.

#### **5.4.8. Каолины**

*Барандатское месторождение* расположено в Канско-Ачинском угленосном бассейне Красноярского края. В геологическом строении этого угольно-каолинового месторождения принимают участие пермские образования, слагающие домезозойский фундамент, углистые отложения юры, осадки нижнего мела и четвертичные образования.

Юрские отложения залегают горизонтально на палеозойском складчатом фундаменте. Они включают отложения трех свит: макарьевской, итатской и тяжинской. Макарьевская свита имеет нижнеюрский возраст и сложена песчаниками, аргиллитами, углистыми аргиллитами, пластами бурого угля, сидеритовым горизонтом и конгломератами. Итатская свита среднеюрского возраста делится на две подсвиты: нижнюю безугольную и верхнюю углистую. Безугольная подсвита сложена песками, песчаниками,



алевролитами и угленосными глинами. Угленосная подсвита является самой продуктивной частью разреза юрских отложений во всем бассейне. Тяжинская свита верхнеюрского возраста безугольная и представлена в основном алевролитами и песчаниками. Илекская свита нижнемелового возраста разделена на подсвиты: нижеилекскую и среднеилекскую. Первая из них сложена преимущественно пестроцветными алевролитами, реже аргиллитами, а вторая – в основном мелкозернистыми полимиктовыми песчаниками. Четвертичные отложения представлены главным образом суглинками, реже глинами.

Залежь каолинов имеет пластообразную форму, расположена на глубине в среднем 65 м, средняя мощность ее 48 м. Находится залежь во вскрыше итатского угольного пласта среднеюрских угленосных отложений. Существенно каолинистая толща содержит: глин 52,4 %, алевролитов 35,1 %, песков 7,5 %. Глинистое вещество литологических типов каолинов состоит в основном из каолинита (до 80 %). В каолиновой залежи содержится (в вес. %):  $Al_2O_3$  - 26,6 %;  $SiO_2$  - 54,3 %;  $Fe_2O_3$  - 4,78 %.

Лабораторными испытаниями всех каолиновых разновидностей доказана возможность их обогащения центрифугированием с повышением в концентрате содержания  $Al_2O_3$  до 30 – 32 % ( $Fe_2O_3$  4 – 6 %) при выходе концентрата 60 – 69 % и извлечении  $Al_2O_3$  до 82 %. Проведенные технологические испытания каолиновых концентратов методом спекания с известняком показали возможность переработки их на глинозем спекальным способом. Установлена пригодность использования барандатских каолинов для производства глинозема в шихте с кия-шалтырскими нефелиновыми рудами.

## **5.5. ГОРЮЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ**

На территории Кемеровской области расположены крупнейший каменноугольный бассейн России – Кузбасс и значительная часть (Урюпо-

Кийский район) Канско-Ачинского бассейна. На северо-западе с Кузбасом граничит Горловский каменноугольный бассейн, расположенный в Новосибирской области.

### **5.5.1. КУЗНЕЦКИЙ БАССЕЙН**

*Кузнецкий бассейн.* Годом открытия бассейна считается 1721 год, когда канцелярией Берг-коллегии была зарегистрирована заявка на открытие угля от рудознатца Михаила Волкова. Чихачев П. А., русский ученый, географ и геолог в начале 40-х годов XIX века составил схематическую географическую карту, дал первую характеристику угленосным отложениям, а также дал название, Кузнецкий каменноугольный бассейн – Кузбасс.

В 1912 году было создано акционерное общество "Кузнецкие каменноугольные копи". Для изучения угольных месторождений в 1914 году был приглашен лучший в России знаток угольной геологии – профессор Лутугин Л. И., оценка запасов бассейна была завершена к 20-м годам XX века. В последующий год бассейн изучали многие известные геологи, академики Яворский В. И. и Усов М. А. и др.

Первая, документально подтвержденная, добыча угля относится к 1789 году, когда у г. Кузнецка было добыто 2150 пудов угля. Первая шахта – Бачатская угольная копь – заложена в 1851 г. Местные жители в районах с обнажениями угленосных отложений добывали уголь для собственных нужд и ранее. Активное освоение бассейна угледобывающей промышленностью начинается со строительства Транссибирской железнодорожной магистрали (1892 – 1899 гг.).

#### **Географо-экономические сведения**

Из 95 тыс. км<sup>2</sup> территории Кемеровской области угленосные отложения Кузбасса составляют около 26,7 тыс. км<sup>2</sup> при наибольшей длине 335 и ширине 110 км.

Бассейн расположен на западной окраине Алтае-Саянской горной области, в неглубокой котловине между Кузнецким Алатау, Салаирским кряжем и Горной Шорией. Эта территория представляет собой всхолмленную равнину, расчлененную долинами рек Томь, Иня, Чумыш, Яя и их притоков. Абсолютные отметки от 450 м на юго-востоке до 250 м в средней части и на северо-западе.

По степени обнаженности угленосных толщ бассейн полузакрытый. Угленосный комплекс перекрыт четвертичными отложениями мощностью 5 – 40 м, обнажения встречаются лишь в долинах рек, преимущественно на востоке и по периферии бассейна.

По геолого-экономическим особенностям территорию бассейна разделяют на 25 районов (Рис. 39). Угольной промышленностью освоена северная, западная и южная части бассейна.

Из 25 районов 23 находятся в Кемеровской области. 9 районов образованы балахонской серией. К ним относятся Прокопьевско-Киселевский, Кемеровский, Анжерский, Бачатский, Титовский, Бунгурский, Аралический, Кондомский, Мрасский районы. Районы балахонской серии поставляют коксующие угли марок К, К<sub>2</sub>, ОС, а также разнообразные энергетические угли, в том числе Т и А.

Другую группу составляют районы Кольчугинской серии. К ним относятся Ленинский, Беловский, Плотниковский, Ерунаковский, Осинниковский, Крапивинский, Байдаевский. В этих районах добывают жирные и коксующиеся газовые угли, а также значительное количество энергетического топлива.

В ряде районов имеются пласты, относящиеся частично к балахонской и кольчугинской сериям. К таким районам относятся Томь-Усинский, Салтымаковский, Терсинский и Ускатский. Кроме названных районов в

Кузбасс входят еще два района – Доронинский, тарбаганской серии, и Завьяловский, балахонской серии, расположенные в Новосибирской области.

### **ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ**

В строении бассейна и его обрамлении участвуют верхнепротерозойские, кембрийские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения. Породы верхнего протерозоя, кембрия, ордовика и силура выходят в Кузнецком Алатау, Горной Шории и Салаире, слагают борта Кузнецкого прогиба и его фундамент. На морском карбоне залегает верхнепалеозойская угленосная формация мощностью 5 – 7 км, сложенная терригенными породами с пластами каменных углей. По строению разреза, литологическому составу, угленосности, комплексам флоры и фауны угленосные отложения разделяют на серии, подсерии и свиты (Рис.40).

Угленосный комплекс представлен песчаниками и алевролитами. Конгломераты, глинистые и карбонатные породы образуют тонкие слои и только в некоторых горизонтах имеют широкое распространение. В средней части бассейна пермские отложения перекрываются мощным (1540 м) комплексом безугольных и туфогенных пород триаса. На палеозое и триасе, с перерывом и структурным несогласием, залегают юрские континентальные терригенные толщи общей мощностью 1750 м, содержащие пласты бурых и каменных углей. Стратиграфический разрез Кузнецкого бассейна заканчивается покровным комплексом рыхлых песчано-глинистых осадков мощностью 5 – 15 м, реже до 50 м. Среди них выделяют меловые, палеогеновые и четвертичные отложения.

### **Угленосность**

В Кузнецком бассейне развиты три угленосные формации: среднепалеозойская – девонская, верхнепалеозойская – каменноугольно-пермская и мезозойская – юрская. Промышленная угленосность связана с верхнепа-

леозойскими, главным образом, пермскими отложениями. Девонские и юрские угли пока используются в значительно меньшей степени.

#### **Угленосность девонских отложений**

В районе пос. Барзас разведано месторождение липтобиолитовых углей, слагающих довольно устойчивый пласт мощностью 0,8 – 4,8 м и несколько прослоев. В этом же районе, близ пос. Дмитриевского и по реке Перебой, вскрыты мощные (до 50 м) залежи горючих сланцев. Прочие углепроявления незначительны и специально не изучались.

#### **Угленосность верхнепалеозойских отложений**

В каменноугольных и пермских отложениях известно около 300 пластов и прослоев, общая мощность которых (по разрезам с максимальной угленосностью) 380 – 400 м (Рис. 41).

В Кузбассе есть угольные пласты всех классов мощности: тонкие – до 1,3 м, средние 1,3 – 3,5 м, мощные 3,5 – 10 м и весьма мощные, достигающие 20 и более метров. В тонких пластах содержится около 19 % всех запасов, в средних – 42 % и в мощных – 38 %. К рабочим относятся и пласты коксующих углей мощностью более 0,7 м, а также энергетических – мощностью более 1 м. По строению пласты разнообразны – от простых (без природных прослоев) до очень сложных (с многочисленными прослоями). В балахонской серии простых пластов примерно 37, усложненных 42 и сложных – 21, в кольчугинской – соответственно 18, 38 и 44 (табл. 6).

#### **Угленосность балахонской серии**

В Балахонской серии содержится около 100 пластов и прослоев суммарной мощностью 180 м. Примерно 50 пластов на больших площадях кондиционированы, общая мощность их 150 м. В южной части Кузбасса развиты преимущественно четыре свиты (табл. 7):

*а) Промежуточная свита* на большей части площади характеризуется низкой угленосностью. Лишь в двух районах – Бунгуро-Чумышском и

Кемеровском – число пластов увеличивается до 20, из них 16 – рабочие. Почти все пласты тонкие, но отдельные из них достигают мощности 5 – 6 м, иногда 12 м и разрабатываются открытым способом на Бунгурском месторождении. Отличительные особенности свиты – невыдержанность общей угленосности и почти всех пластов. Но мощные пласты Бунгуро-Чумышского района сравнительно устойчивы. Угли обычно загрязнены рассеянными минеральными примесями, прослоями и линзами углистых пород.

Таблица 6

## Схема расчленения угленосных отложений Кузбасса и характеристика их угленосности

Серия (возраст)	Свита	Мощность отл-ний, м	Число угольных пластов		Суммарная мощн. пластов		Состав
			общее	рабочее	общее	рабочее	
Тарбаганская	<i>Курундуская, Терсинская, Осиповская, Абашевская, Распадская, Лебедевская</i>	860 - 1880	7 - 17	4 - 7	13 - 21	11 - 18	Комплекс терригенных пород от конгломератов до аргиллитов и углей
Перерыв							
Мальцевская (Т1-2)	<i>Верхнемальцевская Нижнемальцевская</i>	1190 350					Песчаники и алевролиты. Туфогенные песчаники, алевролиты
Местами переыв							
Кольчугинская (Р2)	<i>Ерунаковская</i>	1650 - 1800	65 - 80	42 - 90	84 - 200	70 - 195	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли
	<i>Ильинская Кузнецкая</i>	700 - 2100 500 - 1000	27 - 131 0 - 10	5 - 20 -	19 - 38 0 - 1	6 - 34 -	Песчаники с конгломератом, угли Песчано-глинистые осадочные.
Перерыв							
Балахонская (С1-3 - Р1)	<i>Верхнебалахонская Р 1</i>	400 - 1200	18 - 64	6 - 38	12 - 99	9 - 95	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, угли
	<i>Среднебалахонская С 2-3</i>	250 - 1000	5 - 48	1 - 22	2 - 35	1 - 29	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли.
	<i>Острогская С 1-3</i>	160 - 600	0 - 7	-	0 - 3	-	Песчаники, аргиллиты, конгломераты, прослой углей
Перерыв							
Мозжухинская (С1-1 - С-2)		3660 - 7700 500 - 900					Морские неугленосные отложения (карбонатно-терригенного состава)
Местами переыв							
Зарубинская (Д2 - Д3)	<i>Барзасская Д 2</i>	100 - 2500 350	0 - 3	0 - 1	0 - 4	0 - 3	Неугленосные отложения морского и континентального генезиса Терригенные осадки, эффузивы, прослой углей, известняки
Перерыв	<i>Неугленосные отложения Д 1</i>	300 - 3000					

**б) Ишановская свита.** Близка по угленосности к промежуточной. Резко выделяется лишь Томь-Усинский район, где много мощных (до 12 м) пластов, сложенных тощими энергетическими углями, которые разрабатываются открытым способом. Западнее этих месторождений угленосность быстро уменьшается: в Прокопьевско-Киселевском районе в свите остается 5 – 7 пластов, эксплуатируемых шахтами, а в Кемеровском – всего лишь 2 – 3 пласта соответствуют кондициям.

**в) Кемеровская свита.** Для нее характерны - высокий коэффициент угленосности и очень мощные пласты. В Прокопьевско-Киселевском районе, где мощность свиты 100 – 230 м, на долю углей приходится 25 - 60 м. Особенно выделяются пласты: Мощный (12 – 30 м), Горелый (5 – 30 м) и Прокопьевский (3 – 8 м).

Основные пласты прослежены по всей южной периферии бассейна (Прокопьевско-Киселевский, Бунгуро-Чумышский, Кондомский, Томь-Усинский районы) и интенсивно разрабатываются.

**г) Усятская свита.** На юге бассейна высокопродуктивна и содержит мощные пласты, на севере углей нет. Большую ценность представляют месторождения Прокопьевско-Киселевского и Томь-Усинского районов, интенсивно разрабатываемые для коксохимической промышленности. В Прокопьевско-Киселевском районе, где разрез свиты наиболее полон, содержится 6 – 7 рабочих пластов, самый мощный из которых достигает 7 – 9 м.



Таблица 7

**Характеристика угленосности геолого-промышленных районов Кузнецкого бассейна с преимущественным развитием Балахонской серии отложений**

Геолого-промышленный район	Число рабочих пластов в подсерии		Мощность рабочих пластов, м		Запасы угля, млн т			Марочный состав углей
	нижнебалахонской	верхнебалахонской	преобладающая	максимальная	раведенные	предварительно оцененные	коксуемых углей, % от общих	
Анжерский	до 22	-	0,7 - 1,5	6 - 10	486,4	36,2	54	К, К <sub>2</sub> , ОС, Т
Кемеровский	до 13	до 30	1 - 2	22	3271,8	217,8	33	ГЖ, КЖ, К, К <sub>2</sub> , ОС
Бачатский	1	до 25	2 - 10	32	999,9	232,2	33	КЖ, К, К <sub>2</sub> , 2СС
Прокопьевско-Киселевский	1	до 25	2 - 6	25	6368,8	1513,6	30	ГЖ, КЖ, К, К <sub>2</sub> , ОС 2СС, Т
Аралический	-	до 19	2 - 4	8	396,4	65,3	-	Т
Бунгуро-Чумышский	до 10	22 - 50	1 - 3	11	1767,0	169,1	3	Т, А
Кондомский	до 4	до 32	1 - 4	13	3989,5	499,8	1	К, К <sub>2</sub> , ОС, Т
Мрасский	3	до 24	1 - 3	9 - 11	3613,6	19,1	1	К, К <sub>2</sub> , ОС, Т, А
Томь-Усинский	до 9	до 27	1 - 4	9 - 16	4745,9	153,9	70	КЖ, К, К <sub>2</sub> , ОС, 2СС, Т, А
Крапивинский	до 13	до 6	0,7 - 1,5	3,5	27,9	-	-	1СС
Завьяловский	3 - 6	4 - 6	0,7 - 1,0	2,9	60,7	-	30	К, 2СС
Титовский	1 - 2	5 - 8	1 - 1,3	4,3	2,5	3,8	-	Т

Таблица 8

**Характеристика угленосности геолого-промышленных районов Кузнецкого бассейна с преимущественным развитием Кольчугинской серии отложений**

Геолого-промышленный район	Число рабочих		Мощность рабочих		Запасы угля, млн т			Марочный состав углей
	нижебалахонской	верхнебалахонской	преобладающая	максимальная	раведанные	предварительно оцененные	коксующихся углей, % от общих	
Ленинский	до 22	до 44	1 - 3	19	17994,2	2745,1	38	Д, Г, Ж
Беловский	до 26	до 13	0,7 - 3	3,5	1272,1	326,3	100	Г, Ж
Ускатский	3 - 9	до 5	0,7 - 1,5	2	116,2	18,3	100	Г, Ж
Ерунаковский	до 17	до 34	0,7 - 1,5	23	9171,2	8964,2	67	Г, ГЖ, Ж
Байдаевский	до 12	до 11	0,7 - 1,5	4	1719,4	17,3	97	Г, ГЖ, Ж
Осиновский	до 28	-	0,7 - 2	3	1525,4	227,2	100	Ж
Томь-Усинский	до 15	4 - 5	2 - 5	11	1807,5	159,1	74	Г, ГЖ, Ж
Терсинский	6 - 17	до 23	0,7 - 1,5	5	2517,9	472,1	93	Г, ГЖ, Ж
Плотниковский	до 10	9 - 15	0,7 - 2	4	675,7	386,9	54	Д, Г
Салтымаковский	до 4	до 15	0,7 - 1,5	3			-	Д

### **Угленосность кольчугинской серии**

В кольчугинской серии около 200 пластов и прослоев общей мощностью до 250 м. Примерно 70 из них кондиционированы на больших площадях. Выделяются следующие свиты (табл. 8):

*а) Казанково-маркинская свита.* Угленосность ее в общем не большая и только на юге (Осиновский район, Распадское месторождение) и в Присалаирской полосе Беловского и Ленинского районов встречаются рабочие пласты мощностью 1 – 2 м. Обычно их 5 – 6, редко 8 – 13. С ними связаны жирные угли на Чертинском, Карагайлинском и Убинском месторождениях.

*б) Ускатская свита* включает в себе сравнительно небольшие, но важные для промышленности запасы жирных углей. Рабочие пласты имеются по всей площади выходов свиты. Как и в нижележащей свите, число и мощность пластов увеличиваются с северо-востока на юго-запад, достигая максимума в Осиновском, Байдаевском районах и на Распадском месторождении Томь-Усинского района. Здесь известно 6 – 10 рабочих пластов различной мощности, обычно не более 2,5 м. Пласты эти довольно выдержанные. По структуре около половины из них простые, но много и сложных.

*в) Ленинская свита* содержит большие запасы спекающихся газовых и жирных углей. Число и мощности угольных пластов увеличиваются по направлению к средней части бассейна. В центральных районах (Ленинский, Ерунаковский) число рабочих пластов увеличивается до 10, иногда до 15, общая мощность их достигает 15 – 30 м. Наряду с тонкими, здесь есть средние и отдельные мощные пласты до 3 – 5 м и местами до 10 м. Для них характерно сложное строение, расщепление и выклинивание, а местами они содержат крупные линзы песчаников. С Ленинской свитой

связаны газовые спекающиеся угли Ерунаковского, Байдаевского, Распадского и других месторождений.

з) *Грамотеинская свита* содержит до 10 довольно мощных пластов угля. В таких месторождениях, как Ерунаковское, угленосность Грамотеинской свиты лишь немногим меньше, чем наиболее продуктивных Кемеровской, Усятской и Тайлуганской свит. Преобладают пласты средней мощности, но на отдельных участках, главным образом в верхней части разреза, известно несколько мощных (до 12 м) пластов длиннопламенных и газовых углей, разрабатываемых открытым способом. По строению пласты Грамотеинской свиты в основном сложные, но отличаются большой мощностью угольных пачек и тонкими породными прослойками.

д) *Тайлуганская свита* по числу и общей мощности пластов превосходит все другие свиты. По коэффициенту угленосности близка к Кемеровской и Усятской, но уступает им по запасам из-за меньшей площади распространения. Больше всего углей (24 пласта общей мощностью 114 м) в Ерунаковском районе. Здесь разведаны Талдинское, Караканское и Новоказанское месторождения длиннопламенных и газовых углей, пригодных для крупных углеразрезов. Пласты этих месторождений имеют мощность 3 – 15 м. По структуре они сложные, содержат многочисленные прослои пород и склонны к расщеплению.

#### **Угленосность юрских отложений**

В юрских отложениях насчитывают не менее 50 угленосных горизонтов мощностью от нескольких сантиметров до 5 м. Суммарная мощность пластов и прослоев составляет 15 – 25 м, коэффициент угленосности на разных площадях колеблется от 2 до 3,5. Угли встречаются по всему разрезу, но рабочих пластов больше в средних горизонтах (Осиновская свита). В ближайшем будущем может представлять интерес лишь западная часть Центрального района, где установлено до 10 рабочих пластов бурых

углей. Пласты обычно сложные, склонные к расщеплению и выклиниванию.

### **Качество углей**

Химико-технологические свойства углей Кузбасса весьма разнообразны (табл.9).

**Влажность.** Максимальная рабочая влажность, достигающая 15 – 20 %, характерна для юрских бурых и кольчугинских длиннопламенных углей. С повышением степени углефикации она понижается до 6 – 7 % в газовых и 4 – 5 % в жирных и более зрелых углях. Содержание аналитической влаги (W) в длиннопламенных углях достаточно высокое - 4 – 8 %, в газовых оно снижается до 2 – 3 %, а для остальных марок примерно одинаково – 1 – 2 %.

**Зольность.** В Кузнецком бассейне преобладают угли с небольшой и средней зольностью (обычно 8 – 14 %). В каждой свите встречаются и относительно чистые и высокозольные пласты. Малозольные угли преобладают в мощных пластах Кемеровской и Усятской свит на юге (Прокопьевско-Киселевский, Томь-Усинский районы). В кольчугинской серии преобладают пласты с зольностью 7 – 12 %.

**Сера и фосфор** содержатся в очень небольших количествах:

S – 0,3 – 0,6 %;

P – 0,002 – 0,07 %.

**Теплота сгорания горючей массы угля (Q)** зависит главным образом от его элементного состава, определяемого, в свою очередь, вещественным составом и степенью метаморфизма углей. Теплота сгорания кузбасских углей максимальна (36006 – 36425 кДЖ/кг) для марок Ж, К и ОС, где в оптимальных соотношениях находятся углерод и водород, за счет сгорания которых в основном выделяется тепло.

***Выход летучих веществ на горючую массу (V)*** в общем уменьшается с ростом степени углефикации от 42 – 43 % в длиннопламенных углях до 5 – 6 % в полуантрацитах.

Таблица 9

## Химико-технологические свойства углей Кузнецкого бассейна

Марки и группы	Влага рабочая W <sub>p</sub> , %	Влага аналитич. W <sub>a</sub> , %	Золь-ность Ас, %	Выход летучих веществ V <sub>г</sub> , %	Пластич.с лой Y, мм	Содержание углерода C <sub>г</sub> , %	Содержание водорода H <sub>г</sub> , %	(N+O-S) <sub>г</sub> , %	Теплота сгорания ккал/кг	
									Q	Q
<i>Тарбаганская серия</i>										
Бурый - БЗ	15 - 21	8 - 14	10 - 28	45 - 52	0	71 - 75	5 - 6	20 - 24	7140	4500
Длиннопламенный - Д	11 - 15	7 - 8	6 - 16	45 - 50	0	76	5 - 6	17 - 20	7500	5900
Газовый - Г6	6 - 8	3 - 5	6 - 12	45 - 46	8 - 12	-	-	-	8040	-
<i>Кольчугинская серия</i>										
Длиннопламенный - Д	7 - 16	4 - 5	4 - 17	38 - 42	0	76 - 78	5 - 5,5	16 - 19	7700	6100
Газовый - Г6	6 - 7	2 - 3	4 - 7	40 - 41	10 - 15	80 - 82	5,4 - 5,6	12 - 14	8100	7000
Газовый - Г17	5 - 6	2 - 3	7 - 10	38 - 39	17 - 23	82 - 84	5,5 - 5,7	10 - 12	8400	7200
Газовый жирный - ГЖ	6 - 7	2	5 - 8	35 - 37	12 - 21	84	5,4 - 5,7	10 - 11	8300	7000
Жирный - 1Ж 26	5 - 6	1 - 2	6 - 8	34 - 38	28 - 33	85 - 86	5,3 - 5,5	8 - 10	8600	7250
Жирный - 2Ж 26	5	1	5 - 8	26 - 32	29 - 34	87 - 88	5,1 - 5,5	7 - 8	8700	7350
<i>Балахонская серия</i>										
Слабо спекающийся - 1СС	5 - 16	1,5 - 5	5 - 9	25 - 37	0	78 - 87	4,5 - 5	13	7900	6500
Слабо спекающийся - 2СС	5 - 8	1 - 2	5 - 9	17 - 25	0	86 - 90	4,2 - 5,2	13	8350	7800
Газовый жирный - ГЖ	4 - 7	1 - 2	8	32 - 34	11 - 15	86 - 87	5,1 - 5,2	8	8400	6900
Коксовый жирный - КЖ14	4 - 5	1	9 - 10	26 - 29	15 - 19	88 - 89	5,3 - 5,5	6	8600	7200
Коксовый жирный - КЖ6	8	1	11	28	6 - 12	88	5,1	7	8400	6850
Коксовый - К 13	4 - 5	1	5 - 15	17 - 22	10 - 12	89 - 91	4,3 - 4,6	4 - 5	8700	7700
Коксовый второй - К2	4 - 5	1	8	17 - 21	6 - 8	89	4 - 5	6 - 7	8500	7100
Отощенный спекающийся - ОС	5	1	7 - 8	14 - 15	7 - 9	90 - 91	4,3 - 4,6	5	8600	7400
Тощий - Т	3 - 4	1	8 - 10	8 - 12	0	91 - 92	4	4	8500	7250
Полуантрацит - ПА	3	1	12 - 13	5 - 7	0	92	3,5	3 - 4	8400	6970
<i>Барзасская свита</i>										
Липтобиолит	3	1, - 2,5	45 - 60	46 - 73	-	76 - 83	5 - 10	7 - 17	9430	-

**Спекаемость.** За показатель спекаемости принята толщина пластического слоя ( $y$ ), по которой оценивают коксующиеся свойства и выделяют марки углей на средних стадиях метаморфизма. Этот показатель зависит от степени и петрографического состава, прежде всего – от содержания витринита. Спекаются угли марок Г, ГЖ, Ж, КЖ, К и ОС, не спекаются – длиннопламенные и тощие угли. Максимальные значения ( $y$ ) характерны для жирных углей кольчугинской серии (до 36 – 38 мм) и некоторых разновидностей балахонских углей марок КЖ (до 23 – 25 мм).

### **Промышленное использование углей**

Угли Кузнецкого бассейна гумусовые и по степени метаморфизма представлены всеми марками, от бурых до антрацитов. Угли нижней балахонской серии наиболее метаморфизованы и в соответствии с действующим ГОСТом 25543-88 подразделяются на марки: коксовые жирные – КЖ, коксовые – К, коксовые отощенные – КО, низкометаморфизированные – КСН, коксовые слабоспекающиеся – КС, отощенные спекающиеся – ОС, тощие спекающиеся – ТС, слабоспекающиеся – СС, тощие – Т, антрациты – А. Угли кольчугинской серии представлены марками: длиннопламенные – Д, длиннопламенные газовые – ДГ, газовые – Г, газовые жирные отощенные – ГЖО, газовые жирные – ГЖ, жирные – Ж. Добываемые угли имеют средние основные качественные показатели: влажность рабочего топлива – 5,5 %, зольность – 8,0 %, выход летучих веществ у балахонских углей – 21,0 %, у кольчугинских – 36 %, содержание серы – 0,37 %, фосфора – 0,026 %, низшая удельная теплота сгорания рабочего топлива – 29,7 МДж/кг (7100 ккал/кг).

В зависимости от марочного состава и качественных показателей угли бассейна обладают различными технологическими свойствами. Угли всех марок, за исключением Д, Т, и А, в различных количественных соотношениях могут использоваться в коксохимическом производстве. Угли



марок Д, ДГ, Г пригодны для получения жидкого топлива. Угли, подвергшиеся контактовому метаморфизму при внедрении в угленосные отложения магматических тел, превратились в природные термоантрациты и пригодны для использования в электродной и металлургической промышленности. Угли всех марок пригодны для сжигания. Использование углей в энергетике достигает 60 – 65 % ( по России – 65 – 70 %).

Кроме перечисленных направлений использования следует отметить пригодность угля марок Д и Г для полукоксования, в результате которого получают жидкие продукты (моторное топливо, смазочные масла и др. продукты) и полукокс – облагороженное бездымное топливо. Из спекающихся и неспекающихся углей получают углеродные адсорбенты (активные угли).

**Урюпо-Кийский угленосный район** Канско-Ачинского бассейна охватывает территорию, ограниченную с востока хр. Арга, с юга – Кузнецким Алатау, с запада – северным отрогом последнего. Северная граница его не установлена. В этом направлении район сливается с Западно-Сибирской низменностью, а юрские угленосные отложения, перекрываются толщей меловых и четвертичных осадков, мощность которых уже на широте г. Мариинска достигает 700 м. Интенсивная разведка и добыча бурых углей начато с 40-х гг. XX века.

В пределах района находятся Итатское, Барандатское, Урюпское, Тисульское, Ампалыкское и Китатское буроугольные месторождения. Административно эти месторождения расположены на территории Кемеровской области. Район представляет собой предгорную равнину, полого понижающуюся на север (Рис. 42).

Наличие бурых углей в районе установлено в 1876 г. Однако более или менее систематическое изучение его, как и всего Канско-Ачинского бассейна, началось лишь в начале 30-х годов XX века.

Наиболее широко геологические исследования проводились в 1938 – 1967 гг. В результате которых выявлены и подготовлены к эксплуатации основные месторождения бассейна. По структуре район представляет собой ряд глубоких мульд или пологих складок и имеет сложное и неоднородное тектоническое строение.

Угленосная формация района представлена юрскими отложениями, залегающими с большим перерывом на породах докембрия и палеозоя. Выход ее на дневную поверхность или под маломощный покров четвертичных образований наблюдается в основном в пределах юго-восточной окраины района. Мощность угленосных отложений в районе 100 – 600 м.

Угленосные отложения представлены аргиллит-алевролитовыми, песчано-конгломератовыми углеводородными породами и пластами бурого угля. Максимальная угленосность приурочена к итатской свите, которая содержит до 17 рабочих пластов угля суммарной мощностью 32,3 – 102,8 м и в том числе основной промышленный объект – пласт Итатский средней мощностью 32,3 – 62 м. Коэффициент угленосности свиты - общий 15,4 – 31,3 %, рабочий 14,1 – 31,3 %.

Макаровская свита характеризуется неустойчивой угленосностью, колеблющейся в широких пределах (0 – 25,4 % общая, до 20 % рабочая, а также невыдержанными, обычно маломощными пластами угля, имеющими ограниченное практическое значение.

Юрские угленосные отложения трансгрессивно перекрываются непродуктивным меловым осадками мощностью 0 – 675 м. Нижняя часть разреза представлена пестроцветными, чаще отбеленными породами песчано-глинистого состава, относящимися к илекской свите. Мезозойские осадки повсеместно покрыты чехлом четвертичных пород общей мощностью до 30 м. Строение пластов от простого до очень сложного. Горно-геологические условия отработки простые. Итатский пласт в пределах

Итатского, Урюпского и Барандатского месторождений имеет простое строение – состоит из одной или 2 – 3 сближенных пачек (табл. 10). Мощность пласта Итатского от 20 – 40 м (Тисульское месторождение) до 86 м (Барандатское месторождение).

Тектоническое строение угленосных отложений района предельно простое. Они полого погружаются к северу под углом  $2 - 5^{\circ}$ , реже  $10^{\circ}$ , будучи осложнены пологой крупной волнистостью, которая на юго-востоке района выражается Итатской, Барандатской и Тисульской синклиналиями, а на западе – Ампалыкской и Китатской мульдами.

Угли района бурые, типично гумусовые, с преобладанием плотных матовых разностей дюренового типа. По наиболее полно изученному пласту Итатскому в восточной части района они характеризуются небольшой зольностью, в среднем 8 – 10 % и повышенной рабочей влажностью, отражающей слабую степень их метаморфизма. Выход летучих веществ стабильный – 46 – 48 %. Содержание углерода на горючую массу 70 – 72 %, водорода 4,4 – 4,7 %. Теплотворная способность углей на горючую массу 27633 – 28052 кДж/кг. Наиболее метаморфизованные угли залегают в южной предгорной части Урюпо-Кийского района. На Барандатском и Тисульском месторождениях рабочая влажность углей не превышает 30 – 36 %, а теплота сгорания рабочего топлива 15072 – 15282 кДж/кг. К северу района метаморфизм углей понижается. В северной части Итатского месторождения влага возрастает до 41 %, а теплота сгорания снижается до 12979 кДж/кг. Угли Барандатского, Тисульского, Урюпского месторождений находятся примерно на одной стадии метаморфизма и характеризуются близкими свойствами.

Как отмечалось выше, промышленный интерес представляет пласт Итатский, имеющий среднюю мощность 58 м, при колебаниях от 10 до 98

м. Строение пласта от простого до очень сложного (от 1 – 2 до 30 прослоев породы).

Все разведанные месторождения пригодны для отработки открытым способом. Горно-геологические условия отработки простые: углы падения пород – 2 – 10°, тектонические разрывы отсутствуют, низкие коэффициенты вскрыши (0,8 – 4,0 м<sup>3</sup>/т). Значительные балансовые запасы позволяют развивать мощность разрезов до 50 – 60 млн. т/год. Положительным фактором является наличие в непосредственной близости Транссибирской железнодорожной магистрали. В настоящее время в районе на Тисульском и Итатском месторождениях работают два разреза, добывающие порядка 200 тыс. т/год для частичного удовлетворения потребностей местного населения. Для нового строительства подготовлены запасы бурого угля в количестве 18,2 млрд. т на мощность разрезов 215,5 млн. т/год.

Угли гумусовые в соответствии с ГОСТ 25543-88 относятся к технологическим группам 1Б, 2Б, 3Б и имеют средние показатели: влага рабочего топлива – 36,1 %, зольность угля – 8,2 %, выход летучих веществ – 46,4 %, низшая теплотворная способность рабочего топлива – 14,8 МДж/кг (3530 ккал/кг), содержание серы – 0,3 – 0,7 %.

Высокая влажность, низкая атмосфероустойчивость, быстрое окисление и склонность к самовозгоранию препятствуют перевозке углей на большие расстояния. Использование углей как энергетического топлива на месте добычи и при перевозках на близкие расстояния, учитывая низкую себестоимость добычи, является вполне оправданной. Проведенными исследованиями установлена хорошая брикетированность углей, а, следовательно, и повышение транспортабельности.

Таблица 10

**Характеристика основных месторождений Урюпо-Кийского района  
(Кемеровская область)**

Месторождение	Площадь кв.км	Пласт мощность		Технологическая группа	Средние показатели			Разведенные запасы угля, млрд.т	Добыча угля, млн.т.
		мощность, м	глубина залегания, м		W3, %	Ad, %	Q3daf, %		
Итатское	650	5 - 84	10 - 400	1Б	40	12	12,81	12,7	0,036
		44							
Барандатское	250	39 - 94	10 - 350	2Б	37	7	14382	14,4	-
		65							
Урюпское	200	14 - 88	10 - 70	2Б	33	7	16,66	7,7	-
		58							

Из угля пласта Итатского получается кондиционный буроугольный кокс, пригодный для использования в металлургической промышленности. Подвергая бурые угли бассейна энерготехнологической переработке (скоростной пиролиз), можно получать полукокс с теплотой сгорания 6500 ккал/кг (27,0 МДж/кг), высококалорийный газ и смолу. При переработке последней получают бензол, фенолы, нафталин и др. продукты. Методом гидрогенизации из углей Канско-Ачинского бассейна можно получить жидкое топливо. Окисленные бурые угли дают много гуминовых кислот и различных препаратов на их основе. Приведенный перечень использования бурых Канско-Ачинских углей не претендует на полноту и может быть расширен.

Ресурсы бурого угля в Кемеровской части Канско-Ачинского бассейна составляют 97, 7 млрд. т до глубины 600 м, в том числе балансовые запасы на 01.01.97 г. по категориям А+В+С<sub>1</sub> – 34,0 млрд. т, по С<sub>2</sub> – 18,6 млрд. т и прогнозные ресурсы на 01.01.93 г. – 45,1 млрд. т.

Значительные ресурсы и количество подготовленных для промышленного освоения запасов угля, пригодных для отработки мощными разрезами, простые горно-геологические условия и благоприятные географические условия позволяют создать в пределах Кемеровской области на буроугольных месторождениях Канско-Ачинского бассейна крупную базу угольной, энергетической и химической промышленности.

**Горловский бассейн.** Бассейн расположен в Новосибирской области Российской Федерации. Он вытянут узкой (1,5 – 7,5 км) полосой в северо-восточном направлении на 120 км при ширине 1,5 – 7,5 км. На юге пересекается железнодорожной линией Новосибирск – Барнаул. Угли в бассейне обнаружены в начале XX века. Систематическое геологическое изучение начато в 1915 году и продолжается в настоящее время. Угленосная формация раннепермского возраста мощностью 640 – 940 м идентифицируется с

верхнебалахонской подсерией Кузнецкого бассейна. В ней содержится до 18 рабочих пластов угля сложного и крайне изменчивого строения, мощность которых колеблется в широких пределах, в среднем составляя 0 – 3 м (единичных 10 – 20 м).

Основная структура бассейна – Горловская грабен-синклиналь – интенсивно деформирована. Крылья ее собраны в узкие дисгармоничные складки мелких порядков и поражены разрывами различного характера с амплитудами от нескольких до сотен метров. Под воздействием тектонических факторов угольные пласты также интенсивно нарушены, для них характерны резкие пережимы, раздувы и перемещения массы угля с крыльев в замковые части антиклиналей (Рис. 43).

Детальной разведке подвергались разобщенные площади, характеризующиеся повышенной угленасыщенностью, условно названные месторождениями: Листвянское, разрабатываемое шахтой, Горловское – разрезом, Ургунское, Колыванское и Крутихинское, намечаемые к отработке открытым способом. Основное промышленное значение на этих месторождениях имеют пласты: Главный и Двойной I – II. Они содержат 70 – 90 % общих (для месторождений) запасов антрацита. За контурами разведанных месторождений мощность этих пластов не превышает обычных величин (1 – 2 м).

В 1997 году добыто 665 тыс. т антрацита, в том числе 573 тонны открытым способом. Качество добываемых антрацитов:  $W^r$  10 %,  $A^d$  4 – 30 % (в среднем 13 %),  $S_t^d$  0,4 %,  $V^{daf}$  4 %,  $Q_3^{daf}$  до 34 %,  $Q_i^r$  26 – 30 МДж/кг. Антрациты используются как местное энергетическое топливо, обогащенные – как сырье для производства катодных блоков. Выход используемых для этой цели крупных (+ 25 мм) классов после обогащения составляет в среднем около 15 %. Разведенные запасы антрацита около 280 млн. т, из них

194,6 млн. т. пригодны для отработки открытым способом; предварительно оцененные запасы 124,3 млн. т.

Небольшое количество подготовленных запасов объясняется слабой изученностью и очень сложным геологическим строением бассейна. Учитывая изменчивый характер угленосности, не исключена возможность выявления участков, угленасыщенных в степени аналогичной детально разведанным.

### **5.5.2. ПЕРСПЕКТИВЫ КУЗБАССА**

Учитывая горно-геологические условия угольных месторождений бассейна, степень их инженерной подготовленности к эксплуатации, наличие разветвленной сети энергоснабжающих и транспортных коммуникаций, имеющиеся квалифицированные кадры и потенциал трудовых ресурсов проектируется, в планируемой перспективе (до 2010 – 2012 гг.), увеличить объемы добычи на 18 – 20 %. При этом доля угля, добываемого открытым способом достигнет 50 – 55 %. Наиболее интенсивное развитие открытой угледобычи намечается в восточном Кузбассе, где располагаются Талдинское, Ерунаковское и Караканское месторождения.

В целом по бассейну наиболее важными задачами для геологической службы и в целом для угольной отрасли являются:

Наращивание запасов ресурсо-дефицитных марок угля;

Разделение трудноизвлекаемых запасов ресурсно-дефицитных марок на группы с однородными горно-геологическими условиями, с выбором наиболее ресурсообеспеченных направлений совершенствования технологии добычи;

Разработка и совершенствование методик разведки и геометризации залежей, обеспечивающих получение полной и достоверной геологической информации, а также проектирование и ведение горных работ по новым



технологическим схемам с последующей переоценкой и доизучением ранее разведанных запасов.

Кузбасс испытывает нехватку разведанных запасов углей марок ГЖ, Ж, К и ОС, объектов добычи по маркам Ж, К ОС и промышленных запасов марок ГЖ, К и ОС.

### **5.5.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ТЕРМОАНТРАЦИТОВ**

*Природные термоантрациты.* Природные термоантрациты являются новым видом высокоуглеродистого полезного ископаемого, образовавшегося под воздействием на уголь тепла магматических тел, внедрившихся в угленосную толщу. Впервые они были установлены и хорошо изучены на Лебединском месторождении антрацитов, в Титовском геолого-экономическом районе. Месторождение сложено осадочными образованиями нижнепермского возраста Кузбасса и приурочено к замковой части одноименной антиклинали.

Природные термоантрациты месторождения относятся к высокометаморфизованным антрацитам марки А технологической группы 3А и характеризуются следующими параметрами: содержание углерода находится в пределах 96,1 – 97,3 %, удельное электрическое сопротивление 845 м.к. Ом/м., зональность углей 11,1 – 13,2 %. Обогащаемость антрацитов группы 3А по керновым пробам из скважин очень трудная, при плотности менее 1,8 г/см<sup>3</sup> выход концентрата с зольностью 5,2 – 12, 2 % изменяется от 23,9 до 62,9 %.

Антрациты Лебединского месторождения группы 3А являются природными термоантрацитами, по свойствам соответствующим антрацитам, подвергшимся термообработке. Они могут найти широкое применение, взамен искусственных термоантрацитов, в электродной и металлургической промышленности. Их применение более эффективно, так как при

производстве термоантрацитов из природных термоантрацитов исключается прокалка при температуре 1100 – 1400<sup>0</sup> С.

Кроме того, к природным термоантрацитам относятся высокометаморфизованные антрациты Мрасского, Томь-Усинского районов Кузбасса, образовавшиеся в зоне контакта с Сыркашевским силлом, внедрившемся в угленосную толщу верхнебалахонской подсерии. По классификационным параметрам они почти идентичны Лебединским и отличаются несколько большим выходом летучих веществ 2,5 – 5,7 % (74 – 96 см<sup>3</sup>/г), в них меньше углерода, от 93,1 до 95,0 %, больше водорода (1,0 – 2,6 %), зольность углей выше нормы и колеблется от 5,2 до 14,7 %.

Технологические свойства антрацитов юга, подвергнутых влиянию тепла интрузии, изучены на примере Красногорского разреза. Из вскрытого разрезом 32-го угольного пласта отобраны технологические пробы. По результатам их испытаний разработаны ТУ по применению данного сырья для производства электродов и использованию их в металлургии.

Балансовые запасы природных термоантрацитов Лебединского месторождения, утвержденные ТКЗ, составляют по категориям (млн. т): В+С<sub>1</sub> – 2,4; С<sub>2</sub> – 24,3. Прогнозные ресурсы – 26,8. млн. т. Балансовые запасы термоантрацитов Красногорского разреза составляют 2,6 млн. т.

#### **5.5.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

***Нетрадиционные полезные ископаемые.*** К ним, в первую очередь, относится метан из неэксплуатируемых угольных месторождений. Угольные пласты абсолютного большинства месторождений Кузбасса обладают высокой газоносностью (до 30 – 35 м<sup>3</sup> на 1 тонну угля). Основная часть газа угольных пластов до глубины 1800 м оценивается в 13,1 триллионов м<sup>3</sup>. Добыча метана из угольных пластов решает одновременно два задачи: экологическую – экологически чистое топливо, а также задачу повышения

безопасности труда при будущей эксплуатации угольных месторождений путем предварительной дегазации угольных пластов.

В Ерунаковском районе закончено бурение двух скважин глубиной 1300 м. Плотность прогнозных ресурсов метана в продуктивных группах угольных пластов изменяется от 200 до 400 млн. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Газоносность угольных пластов изменяется от 10 – 15 м<sup>3</sup> на тонну угля на глубинах 400 – 500 м до 20 – 25 м<sup>3</sup> на глубинах 800 – 1200 м (Талдинская площадь).

В Новоказанковской глубокой площади суммарная плотность прогнозных ресурсов метана в угольных пластах составила 3,3 млрд. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>, а в продуктивных группах угольных пластов она колеблется в пределах от 300 до 1000 млн. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Газоносность угольных пластов изменяется от 10 – 15 м<sup>3</sup> на тонну угля на глубинах 500 – 600 м до 20 – 25 м<sup>3</sup> на глубинах 1000 – 1300 м. Полученные результаты исследований в скважинах указывают на высокую перспективность вскрытой угленосной толщи для добычи метана. По петрографическому составу и степени метаморфизма вскрытые угли (газовые и жирные) являются наиболее перспективными (по зарубежному опыту) для промышленной добычи метана. Угольные пласты благодаря повышенной трещиноватости характеризуются повышенным кавернообразованием в процессе их перебурки и поэтому, поддаются гидродинамическому воздействию для интенсификации их газоотдачи. Это указывает на реальную возможность промышленной добычи метана из угольных пластов за пределами влияния подземных работ.

Результаты исследований, вскрытой скважинами угленосной толщи, имеют высокую геологическую и методическую значимость как для углеразведки, так и для оценки перспектив углегазового промысла в Ерунаковском районе Кузбасса. На их основе составлена программа исследований газодинамических, фильтрационных и углегазопромысловых характеристик угленосной толщи в оценочно-тестовых скважинах.

## **VI. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА КУЗНЕЦКОГО И ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ**

В городе Новокузнецк расположены два металлургических гиганта, одним из важнейших условий успешной рентабельной работы является обеспеченность их минеральным сырьем.

Железорудная база КМК полностью сложилась. В ее состав входят магнетитовые месторождения Кемеровской области и юга Красноярского края: Таштагольское, Шерегешское, Казское (описаны выше), Тейское, Абаканское, Ирбинское и Краснокаменское месторождения. Глубокое обогащение и окускование железорудного сырья осуществляется на Абагурской и Мундыбашской обогатительных фабриках. Около 1 млн. т. руды поставляют Коршуновский и Каражальский рудники.

Основой железорудной базы ЗСМК в настоящее время является Коршуновский ГОК в Иркутской области. Агломерация руд производится на аглофабрике ЗСМК, которая дополнительно загружается привозными аглорудами и концентратами месторождений Казахстана: Атасуйского, Лисаковского, Каражальского. Почти полмиллиона тонн руды поставляется с Качканарского месторождения (Средний Урал).

Ниже приводится геологическая характеристика железорудных месторождений, расположенных вне пределов Кемеровской области.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХАКАССИИ

### ТЕЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Тейское месторождение расположено на юго-восточном горно-таежном склоне Кузнецкого Алатау. По рудовозной ветке до железной дороги Абакан – Новокузнецк 20 км и до г. Новокузнецка 465 км. С 1960 г. Тейское месторождение эксплуатируется для ЗСМК и КМК. Оно выявлено в 1930 г. Месторождение вскрыто карьером на глубину более 300 м. Месторождение приурочено к системе небольших разломов на ответвлении глубинного разлома и локализуется среди доломитов и доломитизированных известняков верхнего протерозоя – нижнего кембрия в пределах трубчатой структуры, сложенной туфогенными породами и обломками доломитов, известняков, амфиболитов и гранитов.

Вблизи месторождения расположены интрузивные тела габбро – диоритов и диоритов средне – верхнекембрийского возраста, прорванные гранитами верхнего кембрия – ордовика. На северном фланге в лежачем крыле и на глубоких горизонтах месторождения вскрыты граносиениты и сиениты. Граносиениты сопровождаются полями альбитизации, окварцевания, калишпатизации, скарнирования и серпентизации. В рудном поле широко развиты дорудные дайки диоритов, диабазовых порфиритов, ортофиритов, фельзитов, порфиритов и долеритов (рис. 44).

Длина рудной зоны с промышленным оруденением более 1500 м, при максимальной мощности 300 м и глубине оруденения до 1200 м. Падение рудной зоны западное с углами от 40 до 60°. В рудную зону входят 12 линзовидных рудных тел и разнообразные по форме скарны и метасоматиты. Наиболее крупные рудные тела имеют размеры по простиранию 350 – 1150 м, по падению 250 – 1300 м и средние мощности 40 – 140 м. На месторождении развиты околоширотные послерудные нарушения с падением на юго – запад и юг под углами 58 - 85° с амплитудой горизонтального

смещения 40 – 60 м. Скарны по составу разделяются на магнезиальные и известковые. Магнезиальные скарны сложены оливином, форстеритом, хондродитом, клиногумитом, диопсидом и шпинелью. Известковые скарны подразделяются на гранатовые, пироксен – гранатовые и пироксеновые. Широко развиты метасоматиты, сложенные амфиболом, флогопитом, хлоритом, серпентином, эпидотом, магнезитом, тальком. В них встречаются скаполит, кордиерит, тремолит, везувиан, сфен, апатит, флюорит, турмалин, кварц и кальцит. Среди метасоматитов встречаются альбитизированные псевдобрекчиевые образования и кварц – калишпатовые, кварц – калишпат - эпидотовые породы. Эти породы образовались в результате метасоматического замещения эруптивных брекчий.

По минеральному составу выделяют магнетитовые, серпентин – магнетитовые, карбонат - магнетитовые, карбонат – серпентин – флогопит - магнетитовые и гематит - магнетитовые руды. Они связаны с магнезиальными скарнами. Преобладают серпентин – магнетитовые руды. Руды месторождения имеют пятнистую, брекчиевидную, брекчиевую, колломорфную, ритмичнополосатую и ритмичносферическую текстуры. Основной рудный минерал - магнетит тонкозернистой структуры с размером зерен 0,005 – 0,007 мм, редко до 0,5 мм. Кроме магнетита встречаются гематит, магномагнетит, пирит, пирротин, арсенопирит, халькопирит, никелин, саффорит, сфалерит.

По содержанию железа руды относятся к бедным высокоглиноземистым и магнезиальным с малым содержанием фосфора и серы. Запасы руд по категориям А + В + С<sub>1</sub> 135 млн. т. со средним содержанием железа 32,9 %. Месторождение разрабатывают открытым способом. Руды сложены магнетитом из рудных минералов, присутствует халькопирит, редко гематит, сидерит, анкерит, а в окисленных рудах также лимонит.

Длина рудной зоны 1,3 км, при ширине до 220 м у поверхности и до 500 м на глубину. Выделяются толщи рудных тел, по простиранию прослежены на 550 – 1000 м, по падению 430 – 1150 м при средней мощности 14 – 60 м. Форма рудных тел в основном пластообразная.

Текстуры пятнистые, массивные, полосчатые. Запасы железной руды 150 млн. т., со средним содержанием 42,4 % с примесью Co и Zn. Извлечение руды 85 %; добыча 2,5 – 3,0 млн. т. Промпродукт с содержанием Fe - 47,5 % обогащается в Абазе.

### **АБАКАНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Абаканское месторождение расположено в республике Хакасия на северных отрогах Западного Саяна. Расстояние до КМК (потребителя руды) по железной дороге 360 км. Месторождение известно с 1865 года, разведывалось с 1930 года; с 1975 года начата добыча руды для КМК открытым, а с 1962 года подземным способом.

Месторождение расположено в районе сочленения Западного Саяна и Минусинской котловины и приурочено к юго-восточному крылу антиклинали, сложенной нижнекембрийскими вулканогенно-осадочными породами, представленными в основном туфами авгитовых и андезитовых порфиритов с обломками кератофилов, диоритов, глинистых сланцев, песчано – глинистых сланцев, туфосланцев и известняков. В виде пропластков в них отмечаются полимиктовые песчаники, редкие тела порфиритов. Мощность толщи 300 – 400 м. Эти отложения прорываются массивом альбититов вероятно девонского возраста. Массив расположен в 3 км от месторождения (рис. 45).

В районе месторождения известны также небольшие кембрийские интрузивы сиенит – диоритов и послерудные дайки альбитит – и диорит – порфиров мощностью до 15 м. Вблизи рудных тел развиты низкотемпературные метасоматиты, сложенные хлоритом, серицитом, эпидотом, акти-

нолитом, кальцитом, кварцем, магнетитом. Наблюдается альбитизация, редко актинолитизация пород. Длина рудной зоны 1,3 км при ширине 0,3 – 0,4 км. Внутри ее согласно с напластованием вмещающих пород кулисообразно расположены два крутопадающих рудных тела, приуроченных к наиболее крупной линзе известняков и к пачке песчано –глинистых сланцев. Переходы между рудами и вмещающими породами довольно резкие. Максимальная протяженность рудных тел по простиранию соответственно 1130 и 350 м, по падению 620 и 430 м, при мощности 50 и 17 м. Бурением доказано продолжение смещенной части месторождения на глубину более 1000 м.

Рудные тела и вмещающие их породы расчленены многочисленными послерудными дизъюнктивными нарушениями северо–восточного и северо–западного простираний с амплитудой подвижек до 50 м. По северо–восточным трещинам развиты: эпидотизация, актинолитизация, альбитизация, сульфидизация. С северо – западными трещинами, более молодыми по сравнению с северо – восточными нарушениями, связаны послерудные дайки альбитофиров и кварцевых порфиров, а также наложенная анкеритовая, актинолит – магнетитовая, кварц – гематитовая и сульфидно - арсенидная минерализация.

Содержание железа в рудах увеличивается от флангов к центру рудного тела и с глубиной снижается, а содержание сульфидов в руде с глубиной увеличивается.



## **КРАСНОКАМЕНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Открыто в 1943 году, разрабатывается уже более 30 лет. Расстояние до г. Новокузнецка 370 км, месторождение входит в состав минерально – сырьевой базы ЗСМК. В составе месторождения три самостоятельных участка (Рудный Каскад, Одиночное, Маргоз), некоторыми авторами выделяемые в месторождения (рис. 46).

Месторождение приурочено к контакту гранодиоритов с кембрийскими осадочными породами. Выявлено более 20 рудных тел и залежей. Залежи имеют жилло - и линзообразные формы; длина по простиранию 100 – 750 м при углах падения 30 – 83°. Широко развиты валунчатые залежи. Магнетитовые руды массивные прожилково – вкрапленные, реже полосчатые. Они сложены, кроме магнетита, гранатом и пироксеном, местами с сульфидами. В целом по месторождению содержание железа 46 % и серы 0,5 %. Руды хорошо обогащаются при магнитной сепарации. Балансовые запасы по категориям А + В + С<sub>1</sub> – 117 млн. т. (1984 г.). Годовая добыча 2,8 – 3,0 млн. т. Перспективы увеличения запасов благоприятные.

## **ИРБИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Ирбинское месторождение расположено в западной части Восточного Саяна, в 12 км от железной дороги Тайшет – Абакан. С 1734 по 1859 гг. здесь действовал первый в Сибири чугуноплавильный завод. В 1975 г. открыт рудник, откуда руда после обогащения поступает на КМК.

Ирбинское месторождение состоит из участков Безымянного, Центрального, Промежуточного, Гранатового, Таловского и Курского, располагающихся цепочкой на расстоянии 12,5 км. Рудное поле размещается в контактовом ореоле габбро – диорит – граносиенитового интрузива ордовикского возраста предположительно в опущенном тектоническом блоке кембрийских осадочно- вулканогенных пород, образующих синклинальную складку, протяженностью более 5 км.

Нижне – и среднекембрийские осадочно - вулканогенные толщи рудного поля снизу вверх слагают: диабазовые порфириты, спилиты, ортофиры, фельзиты, кластолавы; туфы альбитофиров и андезитовых порфиритов, альбитофиры, андезитовые порфириты; известняки с фауной археоциат и трилобитов; туфоконгломераты, туфолавы кислотного состава, туфопесчанники, алевролиты общей мощностью 1500 – 1700 м (рис. 47).

Основная скарново – рудная зона (субмеридианального простирания) имеет длину по простиранию 5 км, мощность 300 – 400 м, сложена пироксен – гранатовыми и гранатовыми скарнами, пироксен – плагиоклазовыми метасоматитами. Зона простирается на 8 км при мощности до 500 м и ширине 80 - 600 м.

Рудные тела располагаются кулисообразно среди осадочно – вулканогенных пород средней части разреза. Всего в основной скарново - рудной зоне выявлено 50 рудных тел протяженностью по простиранию до 650 м, по падению 350 м и мощностью до 60 м. Шести основным участкам месторождения соответствуют магнитные аномалии в контурах изолинии 1000 гамм. Рудные тела оконтуриваются изолинией в 5000 – 10000 гамм.

Преобладают руды магнетитовые, а в зоне окисления - мартитовые и полумартитовые. Распространенные минералы - пироксен, гранат, из рудных минералов лимонит, халькопирит, пирит. Структура тонко – и мелкозернистая; текстура массивная, пятнистая, брекчевидная, реже вкрапленная и полосчатая. Зона окисления прослеживается до глубины 15 – 20 м. Балансовые запасы руды 60 млн. т., среднее содержание Fe - 38,3 %. Годовая добыча 2,5 – 3,0 млн. т. Возможно увеличение запасов до 120 – 150 млн. т. за счет разведки глубоких горизонтов.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРНОГО АЛТАЯ

### *Белорецкое месторождение*

Белорецкое месторождение расположено в 150 км от ст. Поспелиха железнодорожной магистрали Рубцовск – Новокузнецк и в 45 км от г. Змеиногорска. От Западно - Сибирского металлургического завода оно отстоит на 650 км.

Месторождение открыто в 1774 г. Изучалось с 1931 – 1932 гг. Разведка проводилась в 1950 – 1952 гг., в 1958 – 1963 гг. и возобновлена в 1977 г. Изучена обогатимость руд. Большая часть запасов утверждена в ГКЗ, составлены проекты рудника и подъездных путей.

Расположено месторождение в пределах Северо – Восточной зоны смятия среди метаморфизованной вулканогенно – осадочной толщи, отнесенной, по находкам фауны в ее верхах и по аналогии со смежными районами, к эйфельскому ярусу среднего девона и подстилаемой известково – песчано – сланцевой толщей, фаунитически охарактеризованного верхнего силура (рис. 48). Породы осложнены складчатостью и продольными дизъюнктивами, дроблением, рассланцовкой и будинажем, залеченными при контактовом метаморфизме.

Рудовмещающая толща прорвана и метаморфизована Тигирекской интрузией гранитов и подразделяется на четыре пачки (снизу вверх): карбонатную подрудную - мощностью до 400 м, рудную – 140 м, карбонатную надрудную - до 340 м и песчаниковую – 270 м.

В рудной пачке при бортовом содержании железа 25 % были выделены два параллельных выдержанных по залеганию и мощностям пластообразных рудных тела с размерами по простиранию 1440 и 1400 м, по падению без выклинивания 843 и 783 м при средних мощностях 28 и 22 м и рудных площадях 57 и 39 тыс. кв. м. По условным новым кондициям – при бортовом содержании железа 18%, минимальной мощности рудного тела и

максимальной безрудных прослоев 5 м – контуры этих тел на большем протяжении составляют единую залежь с мощностью в центральной части на горизонтах 70 – 120 м до 140 м .

Рудная пачка залегает согласно вмещающим породам. Кроме магнетитовых руд, в состав пачки входят мраморы, иногда с вкрапленностью магнетита, а также скарны и прослой метаморфических сланцев.

Руды месторождения полосчатые, вкрапленные, сплошные и брекчиевые. Преобладают магнетит – мушкетовитовые разности. Главные сопутствующие минералы - кальцит, актинолит, андрадит, хлорит, сфалерит. Магнетит представлен пластинчатым мушкетовитом и зернистым магнетитом нескольких генераций. Месторождение относится к вулканогенно – осадочным, претерпевшим региональный и контактовый метаморфизм, либо к контактово – метасоматическим, связанным с гипотетической интрузией габбро – диоритов.

При бортовом содержании железа 25 % для балансовых руд, 20 – 25 % для забалансовых. 15 –20 % для рудных скарнов и менее 15% для безрудных скарнов запасы разведанных и прогнозных руд в сумме составили 250 млн. т., в том числе балансовые ( по категориям В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> ) – 172 млн. т. со средним содержанием Fe – 33,5 %, S – 0,2 % и P – 0,0014 %. По новым кондициям, указанным выше, запасы месторождения до глубины 1200 м оцениваются в 300 млн. т., с перспективой увеличения за счет смежных участков - Баталихинского и Пономаревского – до 500 млн. т. При обогащении руд с содержанием железа 23 – 30 % сухой и мокрой магнитной сепарацией получены концентраты с содержанием железа 58 – 60 %. Содержание серы и фосфора в концентрате 0,12 и 0,006 – 0,009 %, пустая порода известково – кремнистого состава.

Проектируется отработка месторождения карьером, а затем шахтным способом. Рудные площади составляют до 100 тыс. м, годовая добыча мо-

жет достичь 5 – 6 млн. т , со смежными участками до 12 млн. т. Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения благоприятны. Рекомендуется продолжение разведки всей рудной зоны по флангам и до глубины 1200 – 1500 м. Месторождение рекомендуется в числе первоочередных для строительства рудника в составе рудной базы ЗСМК.

### **ИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Расположено в северо - западной части Горного Алтая в 164 км на ЮВ от ст. Пospelиха на железнодорожной магистрали Рубцовск – Новокузнецк и в 75 км от г. Змеиногорска. Расстояние до ЗСМК, возможного потребителя руды – 650 км. Месторождение выявлено в 1952 – 1954 гг. при поисках железных руд с учетом находки свалов железной руды местным жителем.

Вмещающей месторождение является складчатая вулканогенно – осадочная толща среднего девона (рис. 49). Железоносные девонские отложения подстилаются карбонатными породами силурийского возраста. Обе толщи, а также руды, прорваны гранитами Тигирекского массива, вдоль контакта с гранитами карбонатные породы силура мраморизованы, часто превращены в скарны, а вулканогенно – осадочные породы девона преобразованы в кварц - плагиоклазовые, биотитовые и другие роговики и скарны.

Подрудные пачки железистой коргонской свиты сложены кварц – альбитовыми породами с олигоклазом, калишпатом, редкими биотитом и цирконом. Вероятная мощность пачки 500 – 1000 м.

Рудная пачка сложена туфами и туффитами с горизонтом оруденелых известковистых туффитов и туфоалевролитов, к которому приурочены магнетитовые руды. Выходы слабометаморфизованных пород рудной пачки наблюдаются в 5 км восточнее месторождения в верховьях ключа Па-

сечного. Здесь они состоят из обогащенных дисперсным магнетитом известковистых алевролитов, песчаников, туфопесчаников и туфов с содержанием железа порядка 10 – 16 %, при мощности горизонта 100 – 200 м.

В рудной пачке в рудах и скарнах отмечаются редкие линзы и прослои грубозернистого мрамора. В основании рудной пачки местами залегают скарны и роговики, но чаще руды лежат непосредственно на «плагиогранитах», четко отделяясь от вмещающих пород. Мощность рудной пачки достигает 200 м, в среднем же она равна 50 – 60 м.

Руды сплошные и полосчатые, реже вкраплено - пятнистые, брекчиевидные и прожилковые. Среди главных минералов установлены: диопсид, эпидот, гроссуляр – андрадит, тремолит, кварц, карбонаты. Присутствуют пирит, пирротин, редко – халькопирит и сфалерит. Среди руд преобладают амфибол – пироксен - магнетитовые разности, реже встречаются руды с гранатом, пироксеном и сульфидами. Главная масса магнетита мелкозернистая с реликтами более ранних генераций тонкозернистого, порфиробластического и неясного по форме магнетита.

Рудная пачка или рудно – скарновая зона лежит согласно с напластованием и пликативными дислокациями надрудной пачки при углах падения на крыльях до 50 - 60°, местами до отвесных и с опрокидыванием.

Рекомендуется дальнейшая разведка юго – западного фланга месторождения с прослеживанием рудной зоны на СЗ и по простиранию на ЮЗ и СВ, оценка магнитных аномалий района, дополнительное изучение стратиграфии и тектоники рудного поля, комплексная оценка перспектив района и других полезных ископаемых. Целесообразно рассмотреть возможность существенного увеличения балансовых запасов и возможных размеров годовой добычи за счет рационального изменения кондиций. Рекомендуется быстрее вводить месторождения в эксплуатацию, для обеспечения рудой ЗСМК.

В Горном Алтае находится также типовое месторождения цветных металлов (низкотемпературного гидротермального генезиса) – Акташское ртутное месторождение, являющееся важнейшим источником сырья для промышленности Западно-Сибирского региона. Поэтому авторы считают целесообразным привести его краткую характеристику в данном разделе пособия.

*Акташское месторождение* расположено к югу от Телецкого озера. Оно приурочено к участку изгиба Акташского надвига, по которому сильно метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы кембрийского возраста надвинуты на карбонатно-песчаниковую толщу. Ртутное оруденение локализуется в известняках, непосредственно под сланцами (Рис. 50).

Форма рудных тел сложная, столбообразная. Текстуры руд вкрапленные, массивные, брекчиевые, брекчиевидные, полосчатые. К главным рудным минералам относятся киноварь и пирит. Киноварь представлена двумя генерациями: мелко- и среднезернистой, а в зоне окисления встречается самородная ртуть. Таким образом, образование руд происходило не менее, чем в три стадии. В целом необходимо отметить, что руды Акташского месторождения мономинеральные. Добыча руд ведется штольнями.

## **Месторождения Восточной Сибири**

### **КОРШУНОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Коршуновское месторождение расположено в 430 км от Иркутска и в 600 км от г. Новокузнецка (ЗСМК). Месторождение известно с XIX века, эксплуатация начата в 1965 г. Оно является наиболее крупным месторождением Ангаро–Илимского железорудного района. Приурочено месторождение к трубке взрыва. Площадь рудоносной трубки 2800 × 1200 м, глубина распространения до 3 км. Сложена она раздробленными и гидротермально измененными осадочными породами и рудой (рис. 51).

Рудное тело представлено сложной залежью, повторяющей форму трубки. Рудное тело обрабатывается карьером, а скважинами вскрыто до глубины 1200 м. По составу выделяются магнетитовые, кальцит – магнетитовые и галит–магнетитовые руды, последние встречены на глубоких горизонтах.

Среднее содержание железа в контуре карьера 28,6 %. Балансовые запасы до глубины 500 м - 360 млн. т. Увеличение запасов возможно за счет глубоких горизонтов, где обнаружены пластовые залежи. Из руд месторождения получается концентрат с содержанием железа 62,7 %. Проектная производительность карьера до 15 млн. т. Вблизи Коршуновского месторождения расположено Рудногорское месторождение.

#### **РУДНОГОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Рудногорское месторождение расположено в 90 км от г. Железногорска–Илимского, где находится Коршуновский ГОК, в 5 км от железной дороги Хребтовая – Усть-Илимск, от возможного потребителя - ЗСМК – в 1690 км. Район холмистый, максимальная отметка 700 м, относительные превышения 50 – 300 м. Месторождение известно с 1930 г., открыто по заявке местных жителей.

Площадь месторождения сложена известняками, доломитами, мергелями, аргиллитами, алевролитами, кварцевыми песчаниками с возрастом от кембрия до карбона и образованиями триаса – туффитами и туфами, в центральной части месторождения, где они образуют три трубчатых тела с размерами на поверхности 1800 × 560, 360 × 300, 300 × 250 м (рис. 52). Трубки прослежены на глубину 900 м. Центральная структура пересечена крутопадающей зоной нарушений, продолжающейся на восточном фланге в породах ордовика. Основная зона нарушения и вулканические трубки включает в себя систему крупных магнетитовых жил, а также метасоматических брекчиевидно–вкрапленных руд и скарнов.



Выделяются скарны пироксеновые и пироксен – гранатовые. Менше развиты магнезиальные скарны. Скарны переходят во вкрапленные и брекчиевидные, магнетитовые руды. Главный рудный минерал - магномагнетит, кроме того, в рудах установлены серпентин, гидроксиды железа, апатит.

Основное рудное тело прослежено на 3,8 км в зоне разломов в виде нескольких сближенных жил общей мощностью 40 м. Скарново-рудные зоны имеют мощность 100 – 400 м, в них вскрыты короткие по простиранию, но мощные рудные залежи и до 20 рудных тел мощностью 4 – 16 м.

Выделяются два типа руд:

1. богатые - сплошные тонко - и грубополосчатые, содержание (в %) - Fe - 53,1; P - 0,38; S - 0,005.
2. вкрапленные руды со средним содержанием железа 39,8%

Запасы железных руд по промышленным категориям (А + В + С<sub>1</sub>) – 209 млн. т.

## **Месторождения Казахстана**

### **САРБАЙСКОЕ МЕСТОРЖДЕНИЕ**

Сарбайское месторождение находится в Кустанайской области Казахстана. Месторождение разрабатывается с 1961 года Соколово–Сарбайским ГОКом.

Месторождение приурочено к западному крылу антиклинали в экзо-контактной зоне диоритового массива. Состоит из трех крупных пластообразных залежей прослеженных по простиранию на 1000 – 1900 м и по падению до 1000 м, при мощности 170 – 185 м. Рудные тела залегают среди измененных эффузивно–осадочных пород. Интенсивная тектоническая нарушенность усложнила залегание рудных тел (Рис. 53).

Характерной чертой Сарбайского месторождения является отсутствие непосредственных контактов рудных залежей с интрузивом диорит – порфиритов, между ними расположена зона безрудных метасоматитов мощностью 25 –150 м. Основными путями проникновения рудообразующих растворов была не контактовая поверхность интрузива, а предрудные разломы, трассируемые предрудными дайками, а также межслоевые отдельности, раскрывающиеся под воздействием тектонических напряжений.

Рудные залежи сложены чередующимися прослоями сплошных руд, вкрапленных руд (рудных скарнов) и безрудных метасоматитов. Руды месторождения примерно наполовину представлены сплошными разностями с содержанием железа более 50 %, а также наполовину вкрапленными, содержащими 20 – 50 % железа. Окисленные разности составляют всего 0,9 % от общих запасов.

Все Fe руды магнетитовые. В подчиненном количестве представлены сульфидные руды – пиритовые, пирротин – пиритовые с небольшим содержанием магнетита, халькопирита, сфалерита. Сульфидные руды слагают пластообразные обособления в лежащих боках магнетитовых залежей, промышленного значения не имеют.

Сплошные магнетитовые руды обладают полосчатой и грубополосчатой текстурами. Кроме магнетита в рудах присутствуют гранат, пироксен, кварц, кальцит, сульфиды.

Балансовыми на месторождении считаются руды, содержащие более 30 % железа. Разведанные балансовые запасы месторождения по категориям А + В + С<sub>1</sub> составляют 527 млн. т. при среднем содержании Fe - 42 %, S - 4,05 % и P - 0,13 %. Возможно увеличение общих запасов до 1,5 млрд. т. за счет глубоких горизонтов. Месторождение разрабатывается открытым способом.

## КАРАЖАЛЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Каражальское месторождение находится в Карагандинской области республики Казахстан, в Атасуйском железорудном районе.

В геологическом строении месторождения принимает участие мощная свита (до 1,5 км) эффузивных и туфогенных пород нижнего и среднего девона – нижнего карбона (Рис. 54).

Вулканогенно–осадочные породы нижнего и среднего девона, распространенные к юго–западу от рудной залежи, представлены лавами трахитового и липаритового состава и сопровождающими их пирокластическими отложениями. На них лежат полимиктовые песчаники, алевролиты, сланцы и кремнисто – глинистые породы. Свита осадочных пород верхнего девона - нижнего карбона представлена в нижней части разреза углисто - кремнистыми и углисто – глинисто – кремнистыми известняками с прослоями и линзами кремнистых яшмовидных пород, а также пластами и линзами магнетитовых, гематитовых и марганцевых руд. В средней части разреза залегают кремнисто – глинисто – карбонатные и яшмовидные породы. Верхняя часть разреза сложена известняками с прослоями аргиллитов в восточной части, аргиллитами и песчаниками в западной части месторождения. Изверженные породы представлены дайками диоритов и диоритовых порфиритов.

Рудная залежь образует пластообразное тело, согласно залегающее с вмещающими породами; она прослежена по простиранию на 6,5 км и по падению до 800 м. Мощность залежи изменяется от 30 – 40 м на восточном фланге до 20 – 25 м в центральной части месторождения; на западном фланге как по падению, так и по простиранию она уменьшается до полного выклинивания. Рудный пласт залегает между углисто – кремнистыми известняками с прослоями яшмовидных пород – в висячем блоке. В нижней части рудной залежи развиты гематитовые руды, в средней – преимущест-

венно магнетитовые, в верхней – бедные гематитовые марганцевистые руды.

В основании рудного пласта прослеживается тонкий марганцеворудный пласт. Такие же пласты и линзы марганцевой руды встречаются и внутри гематитовых пластов. В верхних частях месторождения выделяется зона баритизированных железных руд.

На месторождении различают три промышленных типа руд: магнетитовые, магнетит – гематитовые и гематитовые. Магнетитовые и магнетит – гематитовые руды отличаются повышенным содержанием германия.

Главные рудные минералы - гематит и магнетит; второстепенные - сидерит, барит, пирит; в небольших количествах встречаются арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит. В зоне окисления, прослеживающейся на несколько десятков метров, распространен мартит и гидроксиды железа. Текстуры руд полосчатые и массивные, структуры зернистые, порфиробластовые.

В балансовых железных рудах средние содержания (в вес. %): Fe - 55,6; Mn - 0,46; SiO - 12,4; S - 0,6; P - 0,03. Запасы железных руд по категориям А + В + С<sub>1</sub> 310 млн. т.

#### **АТАСУЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Расположено в Казахстане (Джезказганская область). Известно с XIX века. В состав месторождения входит более 20 участков, часть из которых многие геологи считают самостоятельными месторождениями (Каражал, Большой Ктай и др.). Вмещающие породы представлены кремнисто – карбонатными образованиями карбонового возраста. Месторождение сложено полого – и круто падающими пластообразными залежами магнетит – гематитовых руд, переходящих в железо – марганцевые и марганцевые руды, мощностью от 2 до 50 м и протяженностью до нескольких км. Местами марганцевые залежи залегают самостоятельно. Содержание железа в рудах

40 – 58 %, руды используются без обогащения. Происхождение железных руд осадочно–метаморфизованное.

Месторождение характеризуется благоприятными горно–геологическими условиями. Отдельные участки разрабатываются открытым способом. Годовая добыча 3 – 3,5 млн. т.

## ЛИСАКОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Лисаковское месторождение расположено в Кустанайской области Казахстана, разрабатывается с 60-х годов XX века.

Месторождение расположено в борту Тургайского прогиба, образуя осадочную залежь длиной более 100 км при ширине от нескольких сотен м до 6 км. Продуктивная толща мощностью 7 – 25 м имеет пологое падение, сложена линзо – и пластообразными залежами и представлена песчаниками, рыхлыми и сцементированными оолитовыми железными рудами, выходящими местами на поверхность. Перекрывающие пески и глины имеют мощность до 20 м (рис. 55). Руды сложены преимущественно гидрогетитом и гетитом, но встречаются и другие осадочные минералы железа (до 17 разновидностей!). Балансовые запасы железных руд 2,8 млрд. т. при годовой добыче 8 –10 млн. т. и среднем содержании 35,2%. Обогащение проводится по гравитационно–магнитной схеме с обжиго-магнитным обогащением и окускованию концентрата.

Содержание железа в рудах 34,0 – 42,6 % (к балансовым относятся руды, содержащие более 30 % железа), фосфора 0,45 – 0,55 %, серы 0,02 – 0,05 %.

## Месторождения Урала

### КАЧКАНАРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Качканарское месторождение находится на Урале. Месторождение приурочено к габбро-пироксенитовому массиву, общей площадью около 100 кв. км. (Рис. 56).

На месторождении выявлены промышленные наклонные залежи вкрапленных и полосчатых титаномагнетитовых руд. Помимо главного минерала – титаномагнетита, руды содержат второстепенные рудные минералы – пирит, пирротин, реже халькопирит и борнит. Нерудные минералы представлены: пироксенами, амфиболами, оливином и серпентином. Типы руд выделяются по структурным признакам (в основном по размеру вкраплений). Руды комплексные, с титаном и ванадием, содержание железа 14 – 34 % (среднее 16,6 %),  $TiO_2$  – 0,8 – 2 %;  $V_2O_5$  – 0,05 – 0,3 %. Сера и фосфор практически отсутствуют. Запасы руд 2,6 млрд. т. Месторождение разрабатывается открытым способом.

При металлургической переработке железо-ванадиевых концентратов, кроме чугуна получают ванадий, путем извлечения его из конверторных шлаков.

## **VII. РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Разведка М.П.И. 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:

- 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.



## **7.1. СТАДИЙНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

### **7.1.1. ПОИСКОВАЯ РАЗВЕДКА**

Геологоразведочные работы 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 среднемасштабные работы, являющиеся переходным звеном от поисков к разведке месторождений полезных ископаемых.

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: орографические 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.

### 7.1.2. 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, угленосность, качество углей или условий эксплуатации, которые имеют решающее значение для технико-экономической оценки. 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 С<sub>1</sub> 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; вы-

держанностью 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 профи-

лями 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, главным образом, от углов падения пластов, размеров, форм и частоты проявления крупных и средних складок и разрывов, глубины и угла наклона скважин. На крутопадающих пластах скважины следует бурить через 100-200 м, а на пологих - через 200-300 м. Рекомендуемые расстояния между линиями основной сети в предварительную стадию разведки указаны в таблице 11.

Таблица 11

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ РАЗВЕДОЧНАЯ СЕТЬ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ  
РАЗВЕДКЕ**

<b>ТЕКТОНИКА</b>	<b>Выдержанность пластов</b>	<b>Расстояние между разведочными линиями, м</b>
<i>Простая</i>	выдержанные	1200
	относительно выдержанные	800
<i>Усложненная</i>	выдержанные	1000
	относительно выдержанные	600
<i>Сложная</i>	выдержанные	800
	относительно выдержанные	400
<i>Весьма сложная</i>	выдержанные	400
	относительно выдержанные	400

Примечание к табл. 11. Расстояние между разведочными линиями могут колебаться в пределах 25 %, в зависимости от геологических особенностей участка.

Для выявления закономерностей распространения тектонических форм кроме опорных линий можно пройти короткие сгущенные 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.

### **7.1.3. 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, С<sub>1</sub>, в требуемых соотношениях (табл. 12). Уточняются также запасы по категориям С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, выявленные в предыдущие стадии разведки в глубоких горизонтах и на флангах. Участки первоочередной отработки выделяются по опыту эксплуатации аналогичных месторождений и материалам ТЭДа.

Таблица 12

*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 <sub>1</sub>	А+В+ С <sub>1</sub>	
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. Расстояния между линиями могут колебаться в пределах 25 % в зависимости от геологических особенностей участка и требований промышленности.

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 действующих шахт достигает 500 м.

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, контурирования 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 разведываемого горизонта.

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

#### **7.1.4. 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. 13).

Таблица 13

Плотность разведочной сети при разведке месторождений Кузнецкого угольного бассейна

<i>Типы месторождений</i>		<i>Расстояние между разведочными линиями, м</i>			<i>Примеры</i>
<i>Тектоника</i>	<i>Выдержанность пластов</i>	<i>к ат. А</i>	<i>к ат. В</i>	<i>к ат. С</i>	
<i>Простая</i>	<i>выдержанные (группа 1)</i>	<i>4 00 – 700</i>	<i>6 00 – 900</i>	<i>8 00 – 1500</i>	<i>Шахта Нагорная</i>
	<i>относительно выдержанные (группа 1, 2)</i>	<i>3 00 – 500</i>	<i>5 00 – 700</i>	<i>7 00 – 1000</i>	<i>Шахта Инская</i>
<i>Усложненная</i>	<i>выдержанные (группы 1, 2)</i>	<i>3 00 – 500</i>	<i>5 00 – 700</i>	<i>7 00 – 1000</i>	<i>Шахта Байдаевская</i>
	<i>относительно выдержанные (группы 2, 3)</i>	<i>2 50 – 400</i>	<i>4 00 – 600</i>	<i>5 00 – 800</i>	<i>Шахта Дальние Горы</i>
<i>Сложная</i>	<i>выдержанные (группы 2, 3)</i>	<i>2 00 – 300</i>	<i>3 00 – 500</i>	<i>4 00 – 700</i>	<i>Шахта Коксовая</i>
	<i>относительно выдержанные (группы 2, 3)</i>	<i>-</i>	<i>2 00 – 300</i>	<i>3 00 – 600</i>	<i>Шахта им. Дзержинского</i>
<i>Весьма сложная</i>	<i>выдержанные и относительно выдержанные</i>	<i>-</i>	<i>1 50 – 300</i>	<i>1 50 – 300</i>	<i>Шахта Тырганская</i>

*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 (Осиновский район), разведка их возможна только в процессе проходки опережающих горных выработок и бурения из них восстающих или горизонтальных опережающих скважин.

***Уточнение инженерных и гидрогеологических условий.*** 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 пльвунов; 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 горноэксплуатационным 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 по-

строение 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.

## **7.2. 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 (Ta, 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 геолого-разведочных 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: керновый, штуфной, точечный, бороздовый, задирковый, валовый. Указанными методами производится отбор проб в горных выработках, в скважинах или в естественных обнажениях.

### **7.3. 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.

*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, оконту-



ривают 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* - 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 пластопересечений 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 проследить 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 магнито-разведки.

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 перво-степенное значение. Метод основан на различиях плотности руд и вмещающих их пород. Например, магнетитовые руды имеют плотность 3,8-5; для маритовых и маритито-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 прослеживать выходы пластов железистых кварцитов под мощной толщей осадочных отложений и определять элементы залегания. В целом метод гравиразведки на железорудных месторождениях используется для решения того же круга задач, которые поставлены перед магниторазведкой.

Методы электроразведки в целях непосредственного выделения зон оруденения могут применяться только в комплексе с магниторазведкой и гравиразведкой. 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 сопротивлением: прослеживания зон тектонических нарушений.

#### **7.4. 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:

1. оценка перспектив рудоносных зон, подлежащих детальной разведке на глубину;
2. поиски слепого оруденения;
3. корректировка направления разведочных работ;
4. ревизия ранее проведенных разведочных работ.

#### **7.5. 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 отрас-

лей 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 условиям 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, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>. Запасы первых трех категорий относятся к разведанным, запасы категории С - к предварительно оцененным. Наиболее детально изучают запасы категорий А и В.

*Прогнозные ресурсы* обычно оцениваются в зависимости от детальности проведенных исследований недр и достоверности полученных данных. Выделяются три категории прогнозных ресурсов Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub>, Р<sub>3</sub>.

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 производится по предварительным параметрам по аналогии с известными месторождениями.

Прогнозные ресурсы категории  $P_3$  позволяют оценить потенциальные возможности наличия новых промышленных месторождений по общегеологическим предпосылкам. Как отмечалось выше, выделяются балансовые и забалансовые запасы. Такие названия связаны с формой учета, т. е. по каждому виду минерального сырья составлен баланс запасов, с их количественной и качественной оценкой. Запасы, составляющие его основу, и стали называть балансовыми. Во многих случаях возможен перевод в балансовые забалансовых запасов, при изменении кондиции, технологий и т.д. Отнесение к балансовым или забалансовым запасов, заключенных в охранных целиках капитальных сооружений, жилах, сельскохозяйственных и других объектах, определяется с учетом затрат на перенос сооружений или применение специальных методов отработки этих запасов.

Подготовка месторождений для передачи их в промышленное освоение осуществляется в процессе геологоразведочных работ. Необходимая при этом степень изученности зависит от сложности геологического строения и распределения полезных компонентов, а также от социально-

экономических факторов. С учетом этого месторождения разделяются на четыре группы.

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 С<sub>1</sub>. 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 (табл. 14)

**Таблица 14**

Ориентировочные расстояния между выработками в плоскости пласта в тектонически однородных блоках, м

Группа	Категории запасов					
	А	А	В	В	С <sub>1</sub>	С
	между линиями, м	шаг скв. в линии, м	между линиями, м	шаг скв. в линии, м	между линиями м	шаг скв. в линии, м
1	600-800	200-400	800-1200	40-600	до 2000	до 1000
2	300-	150	400	20	до	до



	400	-250	-600	0-300	1000	о 500
3	--	--	250 -300	15 0-250	до 500	д о 300

## **7.6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ РАЗВЕДКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

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), чистой (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 чистой документации сводятся в альбомы, журналы.

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

зультаты тематических исследований 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. Основными сводными геологическими документами являются:

- 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 осо-

бенности 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.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов В.В. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. - М.: Недра, 1989. – 389 с.
2. Ершов В.В. Основы горнопромышленной геологии. - М.: Недра, 1988. – 328 с.
3. Краткий курс месторождений полезных ископаемых. / Под ред. Вахромеева С.А. - М.: Высшая школа, 1967. – 470 с.
4. Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна. Под ред. Паха Э.М. - Кемерово. Кн. изд., 1978. - 233 с.
5. Пельдяков И.С. Геология и разведка месторождений ископаемых углей. - М.: Углетехиздат, 1954. - 298 с.
6. Рудничная геология: Учебное пособие для вузов, В.Ф. Мягков и др. - М.: Недра, 1986. 199 с.
7. Свирский М.А., Чумаченко Н.М. Рудничная геология. - М. Недра, 1987. - 237 с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Геология СССР. Западная Сибирь. Том IV, книга Полезные ископаемые. – М.: "Наука ", 1982. – 188 с.
2. Дорохин И.В. и др. Месторождения полезных ископаемых и их разведка. - М.: Недра, 1969. - 302 с.
3. Милютин А. Г. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие для вузов. - М.: Недра, 1989. 296 с.
4. Гутак Я.М. Минерально-сырьевая база Кемеровской области, современное состояние, перспективы, проблемы // Материалы научной конференции "Железные дороги и освоение природных богатств Кузбасса". – Прокопьевск, 2002. – С. – 6 – 12.

5. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. - М.: Недра, 1991. – 363 с.
6. Мостовской А.И., Шпайхер Е.Д. Золото Мартайги и его проблемы. В кн. Золото Кузбасса. – Кемерово, 2000. - С. 500 – 516.
7. Экономика и управление геологоразведочным производством. Учебн.-метод. пособие: под ред. В.П. Орлова, С.Ж. Даукеева. – Москва – Алматы, 1999. – 248 с.
8. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений: Учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1986. - 356 с.

ШПАЙХЕР ЕФИМ ДАВЫДОВИЧ  
САЛИХОВ ВАЛЕРИЙ АЛЬБЕРТОВИЧ

**МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ  
РАЗВЕДКА**

Редактор Суганяк Н. И.

Редактор иллюстраций Андрющенко М. А.

Изд. лиц. № 020353 от 27.12.96 г. Подписано в печать  
Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 14,16. Уч. изд. л. 15,20. Тираж 500 экз. Заказ  
Сибирский государственный индустриальный университет  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательский центр СибГИУ