

**Б.С. Панов, О.О. Куш, Ю.Б. Панов**

# **Корисні копалини**

**Підручник**

**Українською та російською мовами**

**ДОНЕЦЬК – 2008**

**УДК 539.3/8/075.8**

Корисні копалини. Підручник для ВУЗів. Панов Б.С., Куш О.О., Панов Ю.Б. — Донецьк: ДонНТУ, 2008. — 448 с.

У підручнику викладаються основні теоретичні уявлення про умови формування і закономірності розташовування родовищ корисних копалин, а також принципи їхньої класифікації і промислово-економічної оцінки. Дається характеристика промислово-генетичних типів рудних (металевих), нерудних і вугільних родовищ, їхньої економіки з типовими прикладами. Спеціальні розділи відносяться викладу основних положень методик пошуків і розвідки твердих корисних копалин і їхньої промислово-економічної оцінки, а також питанням екології й охорони навколишнього середовища.

Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів геологічних спеціальностей вищих навчальних закладів, наказ № 14/182-2821 від 09.12.2005 р.

**Б.С. Панов, О.А. Куш, Ю.Б. Панов**

# **Полезные ископаемые**

**Учебник**

**На украинском и русском языках**

**ДОНЕЦК – 2008**

**УДК 539.3/8/075.8**

Полезные ископаемые. Ученик для ВУЗов. Панов Б.С., Куц О.А., Панов Ю.Б. — Донецк: ДонНТУ, 2008. — 448 с.

В учебнике излагаются основные теоретические представления об условиях формирования и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых, а также принципы их классификации и промышленно-экономической оценки. Дается характеристика промышленно-генетических типов рудных (металлических), нерудных и угольных месторождений, их экономической оценки, а также их типичные примеры.

Специальные разделы посвящены изложению основных положений методик поисков и разведки твердых полезных ископаемых и их промышленно-экономической оценки, а также вопросам экологии и охране окружающей среды.

Утвержден Министерством образования и науки Украины как учебник для геологических специальностей высших учебных заведений, приказ № 14/182-2821 от 09.12.2005 г.

© Донецкий национальный технический университет, 2008



## ВВЕДЕННЯ

Даний підручник складений для студентів горно-геологічних, еколого-геологічних і інших споріднених спеціальностей технічних вузів.

Відповідно до програм курсів в підручнику після загальних відомостей про корисних копалини і їх речовинному складі даний огляд родовищ по металах. Розділи підручника висвітлюють промислові типи чорних, кольорових, благородних, радіоактивних, рідкісних металів, а також неметалічних копалин, в яких описані більше 50 видів родовища. Опис кожного з них уніфікований. Спочатку надаються відомості про історію відкриття і освоєння, потім указуються області застосування, наводяться останні дані (2000г) про запаси, здобич, ціни на сировину і вимоги промисловості до якості руд і масштаби запасів. Описується геохімія і мінералогія даного металу, характеризуються промислові родовища і наводяться їх приклади, зокрема виявлені останніми роками унікальні родовища.

Геологами на території суші Землі виявлено більше 20 тисяч родовищ тільки металевих корисних копалини. Описати їх навіть малу частину в підручнику неможливо, тому автори обмежилися короткою характеристикою найбільш представницьких родовищ України, Росії і інших країн світу. При цьому перевага віддавалася якнайповніше вивченим і маючим найбільшу промислову цікавість родовищам. Окремий розділ підручника (розділ VI) присвячений техногенним родовищам і опису деяких нових нетрадиційних родовищ мінеральної сировини. У

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящий учебник составлен для студентов горно-геологических, эколого-геологических и других родственных специальностей технических вузов.

В соответствии с программами курсов в учебнике после общих сведений о полезных ископаемых и их вещественном составе дан обзор наиболее характерных месторождений по видам полезных ископаемых. Разделы учебника освещают промышленные типы черных, цветных, благородных, радиоактивных, редких металлов, а также неметаллических и горючих полезных ископаемых, в которых описаны месторождения более 50 их видов. Описание каждого из них унифицировано. Вначале сообщаются сведения об истории открытия и освоения, затем указываются области применения минералого-геохимических данных, приводятся новые сведения начала XXI столетия о запасах, добыче, ценах на сырье и требованиях промышленности к качеству минерального сырья и масштабам запасов. Характеризуются промышленные месторождения и приводятся их примеры, в том числе выявленные в последние годы уникальные месторождения.

Геологами на территории суши Земли выявлено более 20 тысяч месторождений только металлических полезных ископаемых. Описать их даже малую часть в учебнике невозможно, поэтому авторы ограничились краткой характеристикой наиболее представительных месторождений Украины, России и других стран мира. При этом предпочтение отдавалось наиболее полно изученным и имеющим наибольший промышленный интерес месторождениям. От-

заклучній главі VII наведені необхідні відомості про екологічну геологію і охорону оточуючого середовища.

Підручник складений на основі курсів про корисні копалини і їх родовищах, які читаються авторами в Донецькому Національному технічному університеті впродовж тривалого часу.

## АНОТАЦІЯ

Даний підручник є результатом колективної праці викладачів Донецького Національного технічного університету і заснований на багаторічному досвіді читання відповідних курсів авторами. Зміст книги відповідає програмам і об'єму учбових дисциплін, гірничо-геологічних, еколого-геологічних і інших спеціальностей технічних учбових закладів, що вивчаються студентами. У підручнику в стислій формі надані основні положення теорії утворення рудних і нерудних родовищ, наводяться описи ряду прикладів родовищ різних промислово-генетичних типів, а також техногенних скупчень корисних копалини. Приведена промислово-економічна оцінка родовищ твердих корисних копалини.

Підручник розрахований на студентів-бакалаврів горно-геологічних і інших спеціальностей вузів і може представляти інтерес для учнів інших рівнів навчання, а також студентів географічних та споріднених їм факультетів університетів.

дельний раздел учебника (глава VI) посвящен техногенным месторождениям и описанию некоторых новых нетрадиционных месторождений минерального сырья, а также их практическому использованию. В заключительной главе (VII) даны необходимые сведения об экологической геологии и охране окружающей среды.

Учебник составлен на основе курсов о полезных ископаемых, их месторождениях и экологической геологии, которые читаются авторами в Донецком Национальном техническом университете на протяжении длительного времени.

## АННОТАЦИЯ

Настоящий учебник представляет результат коллективного труда преподавателей Донецкого Национального технического университета, и основан на многолетнем опыте чтения соответствующих курсов авторами. Содержание книги соответствует программам и объему учебных дисциплин, изучаемых студентами горно-геологических, эколого-геологических и других специальностей технических учебных заведений. В учебнике излагаются в сжатой форме основные положения теории образования рудных, нерудных, угольных и других месторождений, приводятся описания ряда примеров месторождений различных промышленно-генетических типов, а также техногенных скоплений полезных ископаемых и их практического использования.

Учебник рассчитан на студентов-бакалавров и магистров горно-геологических, эколого-геологических и других специальностей вузов и может представлять интерес для учащихся других уровней обучения, а также студентов географических и родственных им факультетов университетов.

## ЗМІСТ

	Стр.
I ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОРИСНІ КОПАЛИНИ ТА ЇХ РОДОВИЩА	
1.1 Загальні поняття	10
1.2 Форми тіл корисних копалин	11
1.3 Родовища корисних копалин	17
1.4 Підрозділ областей поширення корисних копалин	23
1.5 Значення мінеральної сировини	26
1.6 Стислі історичні відомості	28
1.7 Задачі геологічної розвідки	32
Контрольні питання до глави I	36
II МІНЕРАЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОРИСНИХ КОПАЛИН	
2.1 Речовинний склад мінеральної сировини	37
2.2 Структурно-текстурні особливості	39
2.3 Методи вивчення корисних копалин	44
2.4 Умови утворення родовищ корисних копалин	45
2.5 Геохімічні особливості елементів в умовах утворення корисних копалин	81
Контрольні питання до глави II	84
III ГЕОЛОГІЯ РУДНИХ РОДОВИЩ	
3.1 Введення	95
3.2 Чорні метали	96
3.2.1 Загальні відомості	96
3.2.2 Залізо	98
3.2.3 Марганець	114
3.2.4 Хром	119
3.2.5 Титан	123
3.3 Кольорові метали	130
3.3.1 Алюміній	132
3.3.2 Мідь	142
3.3.3 Свинець і цинк	157
3.3.4 Нікель і кобальт	167
3.3.5 Олово	176
3.3.6 Вольфрам	181
3.3.7 Молібден	187
3.3.8 Магній	194
3.3.9 Ртуть і сурма	196
3.4 Благородні метали	204
3.4.1 Золото	204
3.4.2 Срібло	215
3.4.3 Платина і платиноїди	220
3.5 Радіоактивні метали	224
3.5.1 Уран	224
3.6 Рідкісні метали	235
3.6.1 Легкі метали	236
3.6.2 Рідкісні землі	241
3.6.3 Розсіяні метали	247
3.6.4 Тугоплавкі метали	253
Контрольні питання до глави III	261

IV	ГЕОЛОГІЯ НЕМЕТАЛЕВИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН	
4.1	Введення	265
4.1.1	Класифікація	267
4.2	Хімічна і агрономічна сировина	268
4.2.1	Мінеральні солі	268
4.2.2	Сірка	276
4.2.3	Фосфатна сировина	280
4.3	Технологічна сировина і будівельні матеріали	286
4.3.1	Карбонатні породи (вапняки та доломіти)	286
4.3.2	Плавииковий шпат	288
4.3.3	Будівельні матеріали	292
4.4	Індустріальна сировина	300
4.4.1	Алмаз	300
4.4.2	Графіт	304
4.4.3	Слюди	308
4.4.4	Азбест	314
	Контрольні питання до глави IV	318
V	ГОРЮЧІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ	
5.1	Загальні відомості	320
5.2	Фізичні властивості вуглей	324
5.3	Петрографічні інгредієнти і макроструктура вуглей. Мінеральні включення	328
5.4	Елементний склад	331
5.5	Технічні і технологічні властивості вуглей	334
5.6	Промислова класифікація вуглей	342
5.7	Підготовка вуглей до використання	346
5.8	Напрямок промислового використання вуглей	349
5.9	Закономірності утворювання і формування генетичних груп горючих копалин	356
5.10	Мікрокомпонентний склад і генетична класифікація вуглей	357
5.11	Родовища горючих копалин	359
5.12	Формування вугільного пласта і вугленосній формації	361
5.12.1	Форми залягання викопних вугіль	361
5.12.2	Умови формування вугільного шару	367
5.12.3	Вугленосна формація і умови її формування	370
5.12.4	Зміни вугленосних формацій	370
5.13	Основні риси геологічної будівлі вугільних родовищ України і країн СНД	374
5.13.1	Типові родовища платформенної групи	374
5.13.1.1	Дніпровський басейн	374
5.13.1.2	Родовища Дніпровсько-Донецької западини і південно-західних областей України	376
5.13.1.3	Підмосковний басейн	379
5.13.1.4	Кансько-Ачинській басейн	383
5.13.2	Родовища глибоких внутрішніх прогинів платформ і крайових частин геосинкліналей	386
5.13.2.1	Донецький басейн	386
5.13.2.2	Кузнецький басейн	395
5.13.2.3	Львівсько-Волинський басейн	402
5.13.3	Родовища геосинклінальної групи	406
5.13.3.1	Родовища східного Уралу	406
5.14	Горючі сланці	407
5.15	Торф	409
5.16	Нафта, газ, тверді бітуми	411

5.16.1. Основні нафтові і газові родовища України і Росії	416
5.16.1.1 Предкарпатська газо-нафтова область	416
5.16.1.2 Дніпровсько-Донецька газонафтова область	418
5.16.1.3 Азово-Чорноморська нафтогазоносна область	420
5.16.1.4 Основні нафтогазоносні області Росії	420
5.17 Тверді бітуми	422
5.18 Газогідратні родовища	424
Контрольні питання до глави V	427
<b>VI ТЕХНОГЕННІ ТА ІНШІ РОДОВИЩА НЕТРАДИЦІЙНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ</b>	427
Контрольні питання до глави VI	437
<b>VII ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	
7.1 Земна кора і екологічна геологія	438
7.2 Раціональне використання природи і охорона мінеральних ресурсів	442
Контрольні питання до глави VII	447
<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	448

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>I ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ</b>	
1.1 Основные понятия	10
1.2 Формы тел полезных ископаемых	11
1.3 Месторождения полезных ископаемых	17
1.4 Подразделение областей распространения полезных ископаемых	23
1.5 Значение минерального сырья	26
1.6 Краткие исторические сведения	28
1.7 Задачи геологической разведки	32
Контрольные вопросы и задания к главе I	36
<b>II МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ</b>	
2.1 Вещественный состав минерального сырья	37
2.2 Структурно-текстурные особенности	39
2.3 Методы изучения полезных ископаемых	44
2.4 Условия образования месторождений полезных ископаемых	45
2.5 Геохимические особенности элементов и условия образования полезных ископаемых	81
Контрольные вопросы и задания к главе II	84
<b>III ГЕОЛОГИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b>	
3.1 Введение	95
3.2 Черные металлы	96
3.2.1 Общие сведения	96
3.2.2 Железо	98
3.2.3 Марганец	114
3.2.4 Хром	119
3.2.5 Титан	123

3.3 Цветные металлы	130
3.3.1 Алюминий	132
3.3.2 Медь	142
3.3.3 Свинец и цинк	157
3.3.4 Никель и кобальт	167
3.3.5 Олово	176
3.3.6 Вольфрам	181
3.3.7 Молибден	187
3.3.8 Магний	194
3.3.9 Ртуть и сурьма	196
3.4 Благородные металлы	204
3.4.1 Золото	204
3.4.2 Серебро	215
3.4.3 Платина и платиноиды	220
3.5 Радиоактивные металлы	224
3.5.1 Уран	224
3.6 Редкие металлы	235
3.6.1 Легкие металлы	236
3.6.2 Редкие земли	241
3.6.3 Рассеянные металлы	247
3.6.4 Тугоплавкие металлы	253
Контрольные вопросы и задания к главе III	261
<b>IV ГЕОЛОГИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ</b>	
4.1 Введение	265
4.1.1 Классификация	267
4.2 Химическое и агрономическое сырье	268
4.2.1 Минеральные соли	268
4.2.2 Сера	276
4.2.3 Фосфатное сырье	280
4.3 Технологическое сырье и строительные материалы	286
4.3.1 Карбонатные породы (известняки и доломиты)	286
4.3.2 Плавиковый шпат	288
4.3.3 Строительные материалы	292
4.4 Индустриальное сырье	300
4.4.1 Алмаз	300
4.4.2 Графит	304
4.4.3 Слюды	308
4.4.4 Асбест	314
Контрольные вопросы и задания к главе IV	318
<b>V ГОРЮЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ</b>	
5.1 Общие сведения	320
5.2 Физические свойства углей	324
5.3 Петрографические ингредиенты и макроструктура углей. Минеральные включения	328
5.4 Элементный состав	331
5.5 Технические и технологические свойства углей	334
5.6 Промышленная классификация углей	342
5.7 Подготовка углей к использованию	346
5.8 Направления промышленного использования углей	349
5.9 Закономерности образования и формирования генетических групп горючих	356

ископаемых	
5.10 Микрокомпонентный состав и генетическая классификация углей	357
5.11 Месторождения горючих ископаемых	359
5.12 Формирование угольного пласта и угленосной формации	361
5.12.1 Формы залегания ископаемых углей	361
5.12.2 Условия формирования угольного пласта	367
5.12.3 Угленосная формация и условия ее формирования	370
5.12.4 Изменения угленосных формаций	370
5.13 Основные черты геологического строения угольных месторождений Украины и стран СНГ	374
5.13.1 Типичные месторождения платформенной группы	374
5.13.1.1 Днепровский бассейн	374
5.13.1.2 Месторождения Днепровско-Донецкой впадины и юго-западных областей Украины	376
5.13.1.3 Подмосковный бассейн	379
5.13.1.4 Канско-Ачинский бассейн	383
5.13.2 Месторождения глубоких внутренних прогибов платформ и краевых частей геосинклинлей	386
5.13.2.1 Донецкий бассейн	386
5.13.2.2 Кузнецкий бассейн	395
5.13.2.3 Львовско-Волынский бассейн	402
5.13.3 Месторождения гесинклинальной группы	406
5.13.3.1 Месторождения восточного Урала	406
5.14 Горючие сланцы	407
5.15 Торф	409
5.16 Нефть, газ, твердые битумы	411
5.16.1. Основные нефтяные и газовые месторождения Украины и России	416
5.16.1.1 Предкарпатская газо-нефтяная область	416
5.16.1.2 Днепровско-Донецкая газонефтяная область	418
5.16.1.3 Азово-Черноморская нефтегазоносная область	420
5.16.1.4 Основные нефтегазоносные области России	420
5.17 Твердые битумы	422
5.18 Газогидратные месторождения	424
Контрольные вопросы к главе V	427
VI ТЕХНОГЕННЫЕ И ИНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ	427
Контрольные вопросы к главе VI	437
VII ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
7.1 Земная кора и экологическая геология	438
7.2 Рациональное использование природы и охрана минеральных ресурсов	442
Контрольные вопросы к главе VII	447
ЛИТЕРАТУРА	448

## ГЛАВА I

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОРИСНІ КОПАЛИНИ І ЇХ РОДОВИЩА

## ГЛАВА I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

#### 1.1 Основні поняття

*Корисними копалинами*, тобто, що «викопуються» із земних надр і приносять користь, називаються природні мінеральні утворення, що використовуються безпосередньо після видобутку, або з яких витягаються корисні метали чи мінерали. Розвиток матеріальної культури людського суспільства засновано на застосуванні корисних копалин, що постійно розширюється. Це знайшло своє відображення в історичній зміні понять кам'яний вік, бронзовий вік, залізний вік. Кількість мінеральних речовин і металів у сфері споживання безупинно росте. Якщо в доісторичний час чоловік вживав не більше 5-10 видів, то на даний час - близько 150, і ця кількість безупинно росте. У 1735 році, наприклад, іспанський уряд видав декрет, що наказував знищувати всю платину, яка добувається в Колумбії з розсіпів попутно з золотом («plato»-серебришко) і має високу щільність (вага). Зараз це найважливіший промисловий мінерал дорожче золота. У наш час велике значення придбали мінерали урану, які ще в I половині XX ст. викидалися у відвал при розробці комплексних поліметалевих руд і т.ін. Корисні копалини по характеру свого використання поділяються на три групи:

1 – металеві або рудні, що є сировиною для одержання металів;

2 – неметалеві або нерудні; вони умовно підрозділяються на хімічну, аграрну, індустріальну, технологічну си-

#### 1.1 Основные понятия

*Полезным ископаемым*, т.е., что «выкапывается» из земных недр и приносит пользу, называется природное минеральное образование, которое используется непосредственно после добычи или из которого извлекаются полезные металлы или минералы. Развитие материальной культуры человеческого общества основано на все расширяющемся применении полезных ископаемых, что нашло свое отражение в исторической смене понятий каменный век, бронзовый век, железный век. Количество минеральных веществ и металлов в сфере потребления непрерывно растет. Если в доисторическое время человек употреблял не более 5-10 видов, то в настоящее время составляет около 150, и это число непрерывно растет. В 1735г, например, испанское правительство издало декрет, предписывающий уничтожать всю добываемую в Колумбии из россыпей попутно с золотом платину («plato»-серебришко), имеющую высокую плотность (вес.). Сейчас это – важнейший промышленный минерал дороже золота. В наше время большое значение приобрели минералы урана, которые еще в I половине XX в выбрасывались в отвал при разработке комплексных полиметаллических руд и т.д. Полезные ископаемые, извлеченные из недр, по характеру своего использования делятся на три группы:

1 – металлические или рудные, являющиеся сырьем для получения металлов;

2 – неметаллические или нерудные, они условно подразделяются на химическое, аграрное, индустриальное, технологическое сырье, строительные материалы, поделоч-



ровину, будівельні матеріали, виробне та дорогоцінне каміння;

3 – горючі копалини: тверді (торф, буре вугілля, кам'яне вугілля та антрацит, горючі сланці), рідкі (нафта), газоподібні (горючі гази).

Найважливіший для людства вид корисних копалин – вода – вивчається спеціальною наукою – гідрогеологією. У геологічному сенсі поняття «корисні копалини», як природне мінеральне утворення, близько поняттю «гірська порода», багато з яких містять у малих кількостях корисні речовини і мінерали. Критерієм якісної оцінки корисних копалин є їх цінні для народного господарства властивості. Ці властивості у вигляді вимог промисловості до якості мінеральної сировини – кондиції – устанавлюються на основі техніко-економічних розрахунків відповідними компетентними організаціями. Періодично у зв'язку із змінами потреби в даному виді мінеральної сировини, розвитком техніки і технології видобутку і переробки, а також підвищенням рівня економіки виробництва, промислові кондиції переглядаються. Головні вимоги промисловості до якості мінеральної сировини залежать від масштабу родовища і кількості корисних копалин, що залягають в надрах.

## 1.2 Форми тіл корисних копалин

*Тілом корисних копалин*, або покладом, називається відособлене скупчення мінеральної речовини, яке по якості відповідає вимогам промисловості. Природні геологічні тіла мають складні геометрично неправильні форми, однак по співвідношенню розмірів у трьох напрямках серед них виділяють ізометричні, плитоподібні і трубоподібні. За умовами

ные и драгоценные камни;

3 – горючие ископаемые: твердые (торф, бурый уголь, каменный уголь и антрацит, горючие сланцы), жидкие (нефть), газообразные (горючие газы).

Важнейшее для человечества полезное ископаемое – вода – изучается специальной наукой – гидрогеологией.

В геологическом смысле понятие «полезное ископаемое», как естественное минеральное образование, близко понятию «горная порода», многие, из которых содержат в малых количествах полезные вещества и минералы. Критерием качественной оценки полезного ископаемого являются его ценные для народного хозяйства свойства. Эти свойства в виде требований промышленности к качеству минерального сырья, называемые кондициями, устанавливаются на основании технико-экономических расчетов соответствующими компетентными организациями. Периодически в связи с изменениями потребности в данном виде минерального сырья, развитием техники и технологии добычи и переработки, а также повышением уровня экономики производства, промышленные кондиции пересматриваются. Главные требования промышленности к качеству минерального сырья зависят от масштаба месторождения и количества полезного ископаемого, залегающего в недрах.

## 1.2 Формы тел полезных ископаемых

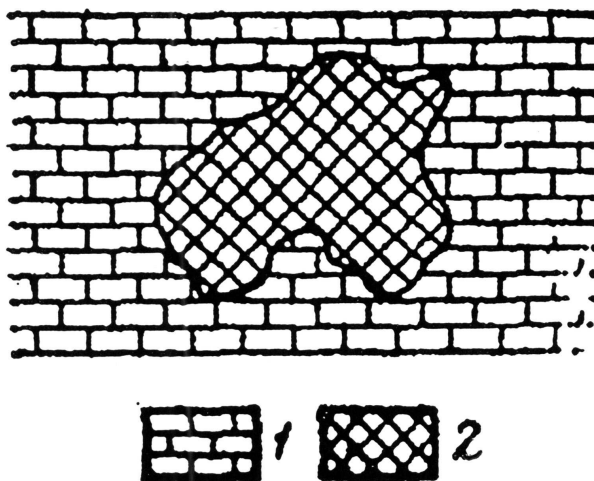
*Телом полезного ископаемого*, или залежью, называется обособленное скопление минерального вещества по качеству отвечающее требованиям промышленности. Природные геологические тела имеют сложные геометрически неправильные формы, однако по соотношению размеров в трех направлениях среди них выделяют изометричные, плитообразные и трубооб-

заягання щодо вміщуючих гірських порід розрізняють тіла згідно заягаючі та січні.

*Ізометричні тіла* характеризуються близькими розмірами в трьох напрямках. До цієї групи відносяться шток, гніздо і штокверк. *Шток* (мал.1.1) – велике, вимірюване десятками-сотнями метрів тіло суцільної або майже суцільної мінеральної сировини, наприклад кам'яної або калійної солі. *Гніздо* відрізняється від штока меншими розмірами (як правило до 10 м) часто характеризується більшою звивистістю контурів. У вигляді гнізд заягають різні корисні копалини, наприклад фосфорити, боксити та ін.

разные. По условиям залегания относительно вмещающих горных пород различают тела согласно залегающие и секущие.

*Изометричные тела* характеризуются близкими размерами в трех направлениях. К этой группе относятся шток, гнездо и штокверк. *Шток* (рис.1.1) – крупное, измеряемое десятками-сотнями метров тело сплошного или почти сплошного минерального сырья, например каменной или калийной соли. *Гнездо* отличается от штока меньшими размерами (обычно до 10м) часто характеризуется большей извилистостью контуров. В виде гнезд залегают различные полезные ископаемые, например фосфориты, бокситы и др.



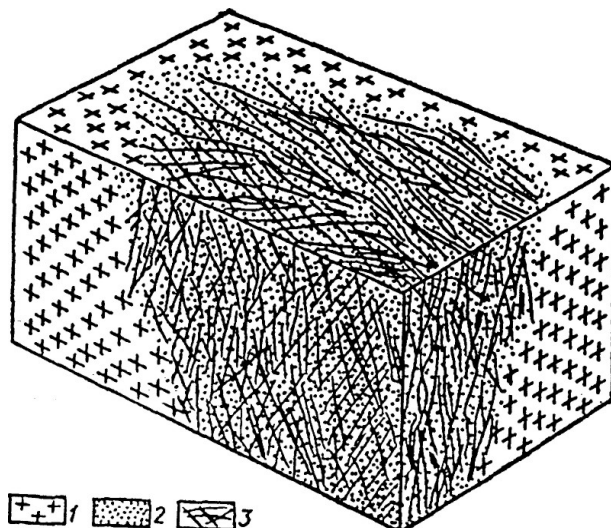
Мал. 1.1 - Шток: 1 - вапняк; 2 - рудний шток.  
Рис. 1.1 - Шток: 1 – известняк; 2 – рудный шток.

*Штокверком* (мал.1.2) називається ізометричний об'єм гірської породи, пронизаний густою мережею дрібних жилок корисних копалин і насичений вкрапленістю рудних мінералів. Кожна жилка по розмірах не може враховуватися промисловістю, але в цілому порода, що включає жилки і вкрапленість, відповідає вимогам промисловості і об'єм її розглядається як тіло корисної копалини. Перехід від породи до корисних копалин в цьому випадку поступовий, і контур тіла являє

*Штокверком* (рис.1.2) називається ізометричний об'єм горної породи, пронизаний густою мережею дрібних жилок корисних копалин і насичений вкрапленістю рудних мінералів. Кожна жилка по розмірам не може учитываться промышленностью, но в целом порода, включающая жилки и вкрапленность, отвечает требованиям промышленности и объем её рассматривается как тело полезного ископаемого. Переход от породы к полезному ископаемому в этом случае по-

собою границю якісних характеристик: корисні копалини - порода. Він установлюється за результатами випробування, тобто вивчення якісних характеристик.

степенный, и контур тела представляет собой границу качественных характеристик: полезное ископаемое - порода. Он устанавливается по результатам опробования, т.е. изучения качественных характеристик.



Мал. 1.2 - Штокверк:

1 - граніт; 2 - вкрапленість рудних мінералів; 3 - прожилки рудних мінералів.

Рис. 1.2 - Штокверк:

1 – гранит; 2 – вкрапленность рудных минералов; 3 – прожилки рудных минералов.

*Плитоподібні тіла* мають значні розміри в двох напрямках, вимірювані сотнями метрів і кілометрами (іноді десятками) при невеликому третьому, що має назву потужність, що як правило не перевищує метр чи більше, іноді перших десятків метрів. Типовими представниками плитоподібних тіл є пласт та жила.

*Пластом* називають тіло, обмежене двома практично рівнобіжними поверхнями, що мають назву поверхні напластування. Нижня поверхня шару називається його ґрунтом, верхня – покрівлею. Відстань між ґрунтом і покрівлею називається потужністю пласта або шару. По ступені мінливості потужності шари підрозділяються на витримані, відносно витримані та невитримані. Потужність пласта, при якій розробка його технічно можлива та економічно доцільна, називається робочою, наприклад для шарів кам'яного вугілля у Донбасі мінімаль-

*Плитообразные тела* имеют значительные размеры в двух направлениях, измеряемые сотнями метров и километрами (иногда десятками) при небольшом третьем, называемом мощностью, обычно не превышающем метр или более, иногда первых десятков метров. Типичными представителями плитообразных тел являются пласт и жила.

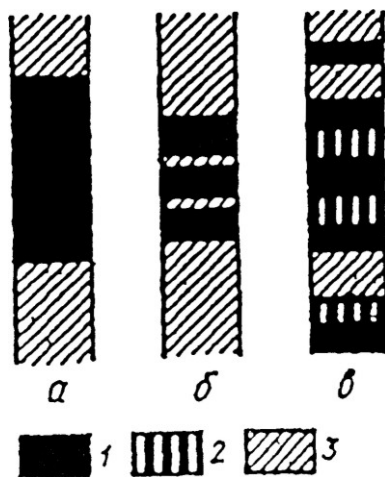
*Пластом* называют тело, ограниченное двумя практически параллельными поверхностями, называемыми поверхностями напластования. Нижняя поверхность пласта называется его почвой, верхняя – кровлей. Расстояние между почвой и кровлей называется мощностью пласта. По степени изменчивости мощности пласты подразделяются на выдержанные, относительно выдержанные и невыдержанные. Мощность пласта, при которой разработка его технически возможна и экономически целесообразна,

ною робочою потужністю прийнята 0,6-0,7м, пласти з меншою потужністю, як правило, не відпрацьовуються, за винятком цінних коксівних вугіль.

Пласт може бути цілком складений однією мінеральною масою, наприклад, вугіллям, а також включати тонкі і дуже тонкі прошарки іншого мінерального складу, наприклад, глинисті. У першому випадку пласт вважається простим, у другому – складним, тобто складається з двох чи декількох розділених пластів. У вугільній геології верстви, що складають вугільний пласт, прийнято називати пачками (мал.1.3).

називається робочей, наприклад для пластів каменних углей в Донбасі мінімальної робочей потужністю прийнята 0,6-0,7м, пласти з меншою потужністю, як правило, не отрабатываются, за исключением ценных коксующихся углей.

Пласт может быть целиком сложен одной минеральной массой, например, углем, а также включать тонкие и весьма тонкие прослои иного минерального состава, например, глинистые. В первом случае пласт считается простым, во втором – сложным, состоящим из двух или нескольких разделенных слоев. В угольной геологии слагающие угольный пласт слои принято называть пачками (рис.1.3).



Мал. 1.3. - Шар:

а-простий; б-складний; в-дуже складний; 1 - вугілля; 2 - углистий сланець; 3 - алевроліт.

Рис. 1.3. - Пласт:

а-простой; б-сложный; в-очень сложный; 1 – уголь; 2 – углистый сланец; 3 – алевролит.

Тіла, що відрізняються меншою площею поширення та відносно більшою потужністю, що досить плавно змінюється від центра до периферії, мають назву *лінзи*. Умовно можна вважати, що тіла, у яких відношення потужності до двох інших розмірів більше 0,01 називаються лінзами, при меншому значенні цієї величини - пластами. Нерідко в практиці тіла перехідних між ними форм називають пластоподібними або лінзоподібними.

Тела, отличающиеся меньшей площадью распространения и относительно большей мощностью, достаточно плавно изменяющейся от центра к периферии, называются *линзами*. Условно можно считать, что тела, у которых отношение мощности к двум другим размерам больше 0,01 называются линзами, при меньшем значении этой величины - пластами. Нередко в практике тела переходных между ними форм называют пластообразными или линзовидными.

*Жили* представляють собою тіла в гірських породах, що виникли внаслідок заповнення тріщин або метасоматичного заміщення порід мінеральною речовиною вздовж тріщин. Обмежуючі жилу поверхні – зальбанди - як правило, мають неправильну форму. Вони можуть зближатися, утворюючи стоншення або повні пережими чи, навпаки, віддалятися, викликаючи роздуви. Нерідко в породах виникає не єдина тріщина, а лінійно-вытягнута зона дрібних тріщин. Вона при наступних геологічних процесах заповнюється новою мінеральною речовиною, за рахунок чого утворюється ціла серія дрібних взаємно пов'язаних, кулісоподібних зміщуючихся жил і жилок, що поєднуються в одне тіло, яке має назву складної жили (мал.1.4). По характеру мінералізації складна жила нагадує штокверк, але відрізняється різко підлеглою величиною потужності щодо розмірів у двох інших напрямках. По особливостях будівлі і характеру мінливості потужності серед жил відокремлюють прості, складні, камерні, рубцеві, сідлоподібні (мал.1.4).

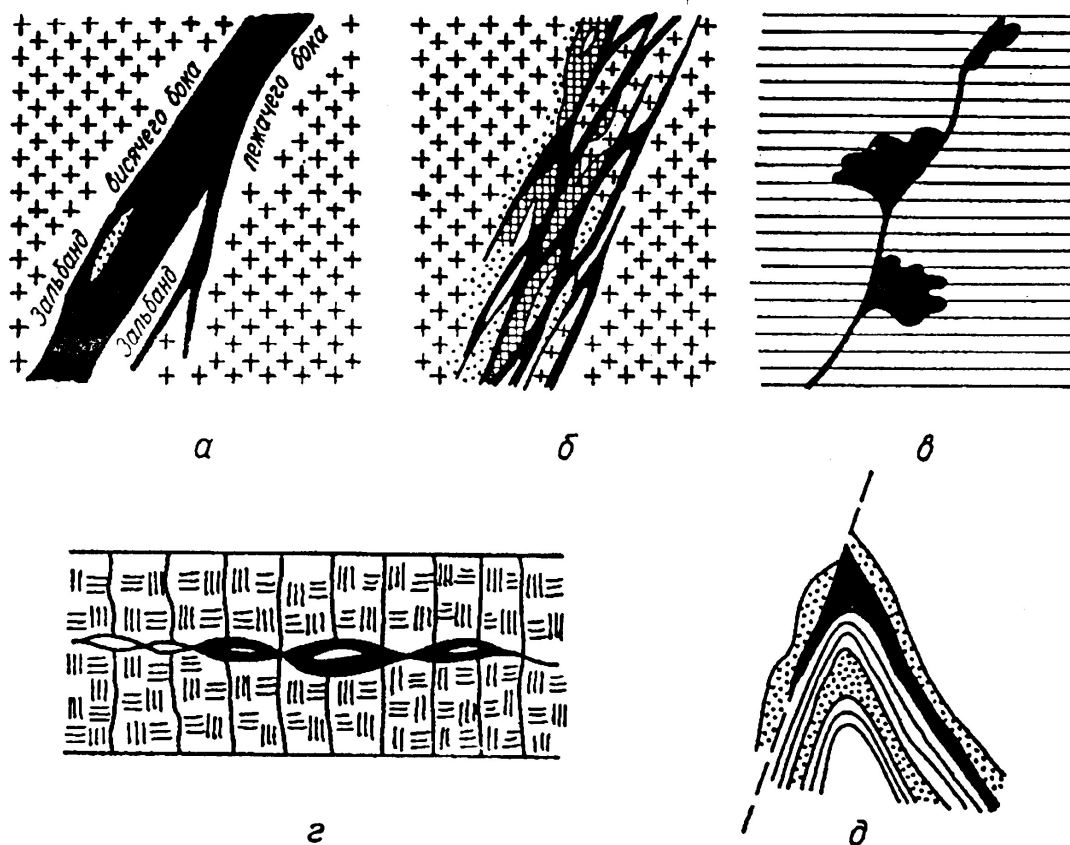
Навколо жил породи як правило змінені під впливом процесів, що утворили жильну мінеральну масу. Простір змінених порід називають ореолом околожильної зміни. У таких ореолах іноді міститься вкрапленість корисних мінералів з промислово цінними концентраціями. У цьому випадку вони розглядаються як сорт корисного мінерального утворення даного родовища.

Положення жили в просторі характеризується напрямком простягання, кутом і напрямком падіння, кутом і напрямком схилення, тобто положенням лінії виклинювання жили (мал.1.5).

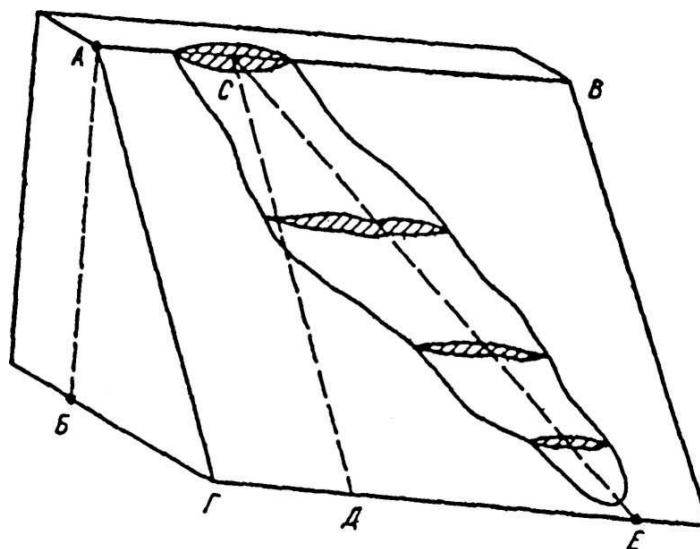
*Жилы* представляють собою тіла в горних породах, возникшие в результате заполнения трещин или метасоматического замещения пород минеральным веществом вдоль трещин. Ограничивающие жилу поверхности, называемые зальбандами, как правило, имеют неправильную форму. Они могут сближаться, образуя утонения или полные пережимы жилы или, наоборот, отдаляться, вызывая раздувы. Нередко в породах возникает не единая трещина, а линейно-вытянутая зона мелких трещин. Она при последующих геологических процессах заполняется новым минеральным веществом, и образуется целая серия мелких взаимно связанных, кулісообразно смещающихся жил и жилок, объединяющихся в одно тело, называемое сложной жилой (рис.1.4). По характеру минерализации сложная жила напоминает штокверк, но отличается резко подчиненной величиной мощности относительно размеров в двух других направлениях. По особенностям строения и характеру изменчивости мощности среди жил выделяют простые, сложные, камерные, рубцовые, седловидные (рис.1.4).

Вокруг жил вмещающие их породы обычно изменены под воздействием процессов, образовавших жильную минеральную массу. Пространство измененных пород называют ореолом околожильного изменения. В таких ореолах иногда содержится вкрапленность полезных минералов в промышленно ценных концентрациях. В этом случае они рассматриваются как сорт полезного минерального образования данного месторождения.

Положение жилы в пространстве характеризуется направлением простирания, углом и направлением падения, углом и направлением склонения, т.е. положением линии выклинивания жилы (рис.1.5).



Мал. 1.4. - Жила: а-проста; б-складна; в-камерна; г-рубцова; д-седловидна.  
 Рис. 1.4. - Жила: а-простая; б-сложная; в-камерная; г-рубцовая; д-седловидная.



Мал. 1.5. Схематичне зображення лінзоподібного рудного тіла, що має схилення (по П.М.Татаринову): АВ - лінія простягання; СД - лінія падіння; СЕ - вісь рудного тіла (лінія найбільшої простягнутості тіла); А Г Б - кут падіння; В С Е - кут схилення.  
 Рис. 1.5. Схематическое изображение линзообразного рудного тела, имеющего склонение (по П.М.Татаринову): АВ – линия простирания; СД – линия падения; СЕ – ось рудного тела (линия наибольшей вытянутости тела); А Г Б – угол падения; В С Е – угол склонения.

*Трубоподібні тіла* (поклади) характеризуються перевагою одного розміру над двома іншими. Форма поперечного пере-

*Трубообразные тела* (залежи) характеризуются преобладанием одного размера над двумя другими. Форма поперечного

різа трубоподібного поклада може бути різною: від близької до ізометричної до витягнутої дуже неправильної. Площа і форма рівнобіжних перетинів мінлива, поклади можуть мати конусоподібне і тупе виклинювання. Положення трубоподібних тіл у просторі характеризується орієнтуванням їхньої осі по куті і напрямі занурення або поринання, тобто від лінії перпендикулярної простяганню.

Розміри тіл корисних копалин змінюються у широких межах: від сантиметрів до десятків і сотень метрів по потужності і від метрів до кілометрів по простяганню і падінню. Деякі тіла, наприклад, пласти кам'яного вугілля, залізистих кварцитів та інших корисних копалин, поширюються на площі в сотні і десятки сотень квадратних кілометрів. Трубоподібні тіла кимберлітів, у яких зустрічаються алмази, можуть бути від 60х30м на поверхні (трубка «Надія» у Приазов'ї) до 3300х700м (трубка Камафука-Камазомба в Анголі). В одній ділянці земної кори нерідко залягає кілька зближених тіл корисних копалин, іноді, навпаки, спостерігаються одиночні, відособлені тіла.

### 1.3 Родовища корисних копалин

*Родовищем корисних копалин* називається ділянка земних надр, де внаслідок геологічних процесів утворилася корисна мінеральна речовина в кількості, достатній для експлуатації і у якісному відношенні задовольняюча вимогам промисловості. Таким чином, поняття – родовище корисних копалин – не тільки геологічне, але в значній мірі техніко-економічне та залежить від потреби в даному виді мінеральної сировини, рівня розвитку техніки і технології розробки і переробки сировини, ста-

сечення трубообразной залежи может быть различной: от близкой к изометричной до вытянутой весьма неправильной. Площадь и форма параллельных сечений изменчива, залежи могут иметь конусообразное и тупое выклинивание. Положение трубообразных тел в пространстве характеризуется ориентировкой их оси по углу и направлению погружения или ныряния, т.е. от линии перпендикулярной простяганню.

Размеры тел полезных ископаемых варьируют в широких пределах: от сантиметров до десятков и сотен метров по мощности и от метров до километров по простяганню и падению. Некоторые тела, например, пласты каменных углей, железистых кварцитов и других полезных ископаемых, распространяются на площади в сотни и десятки сотен квадратных километров. Трубообразные тела кимберлитов, в которых встречаются алмазы, могут быть от 60х30м на поверхности (трубка «Надежда» в Приазовье) до 3300х700м (трубка Камафука-Камазомба в Анголе). В одном участке земной коры нередко залегают несколько сближенных тел полезных ископаемых, иногда, наоборот, наблюдаются одиночные, обособленные тела.

### 1.3 Месторождения полезных ископаемых

*Месторождением полезного ископаемого* называется участок земных недр, где в результате геологических процессов образовалось полезное минеральное вещество в количестве, достаточном для эксплуатации и в качественном отношении удовлетворяющем требованиям промышленности. Таким образом, понятие – месторождение полезного ископаемого – не только геологическое, но в значительной степени технико-экономическое и в этом смысле зависит от потребности в данном виде минерального сырья, от уровня развития техники и техно-

ну транспорту, енергетики та економіки, з однієї сторони і від вартості даного виду мінеральної сировини або одержуваного з нього промислового продукту з іншої. При зростаючій потребі промисловості в якій-небудь мінеральній сировині і, як наслідок, підвищенні її вартості стає економічно рентабельним відпрацьовування дрібних скупчень корисних копалин, тому вони оцінюються як родовища. Навпаки, при зменшенні потреб промисловості в даній сировині і зниженні її вартості вимоги до родовищ по якості корисних копалин зростають.

Дрібні або недостатньо вивчені скупчення корисних копалин у надрах, які не відповідають поняттю родовищ, як правило називають *рудопроявами*.

Кількість корисних копалин, що залягає в надрах, називають *запасом*. Геологічні запаси деяких видів родовищ корисних копалин при сучасних вимогах промисловості приводяться в таблиці 1.1.

Родовище може складатися одним, двома або декількома зближеними тілами корисних копалин. Одне тіло корисних копалин по розмірах запасів і якості сировини часто цілком відповідає поняттю промислового родовища і може служити базою для будівництва самостійного гірничодобувного підприємства. Нерідко розміри тіл (наприклад, шарів вугілля, залізистих кварцитів та ін.) настільки великі, що розробка їх одним гірничим підприємством технічно складна й економічно недоцільна. У цих випадках проектується будівництво декількох гірничодобувних підприємств, і тіло корисних копалин поділяється на ділянки.

логіи розробки і переробки сировини, от состояния транспорта, энергетики и экономики, с одной стороны и от стоимости данного вида минерального сырья или получаемого из него промышленного продукта с другой. При возрастающей потребности промышленности в каком-либо минеральном сырье и, как следствие, повышении его стоимости становится экономически рентабельной отработка мелких скоплений полезных ископаемых и они оцениваются как месторождения. Наоборот, при уменьшении потребностей промышленности в данном сырье и снижении его стоимости требования к месторождениям по качеству полезного ископаемого возрастают.

Мелкие или недостаточно изученные скопления полезных ископаемых в недрах, не соответствующие понятию месторождений, обычно называют *рудопроявлениями*.

Количество полезного ископаемого, залегающее в недрах, называют *запасом*. Геологические запасы некоторых видов месторождений полезных ископаемых при современных требованиях промышленности приводятся в таблице 1.1.

Месторождение может слагаться одним, двумя или несколькими сближенными телами полезного ископаемого. Одно тело полезного ископаемого по размерам запасов и качеству сырья часто вполне соответствует понятию промышленного месторождения и может служить базой для строительства самостоятельного горнодобывающего предприятия. Нередко размеры тел (например, пластов углей, железистых кварцитов и др.) настолько велики, что разработка их одним горным предприятием технически сложна и экономически нецелесообразна. В этих случаях проектируется строительство нескольких горнодобывающих предприятий, и тело полезного ископаемого делится на участки.



Таблица 1.1

ЗАПАСЫ ДЕЯКИХ ПРОМИСЛОВИХ РОДОВИЩ  
КОРИСНИХ КОПАЛИН (У ТОННАХ)

Корисні копалини	Унікальні і дуже великі	Великі	Середні і дрібні
Вугілля	$n \cdot 10^{11-10}$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$
Мінеральні солі	$n \cdot 10^{11-10}$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$
Руди заліза	$n \cdot 10^{10}$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$
Руди марганцю	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$
Руди хрому, боксити	$n \cdot 10^{9-8}$	$n \cdot 10^{8-7}$	$n \cdot 10^{7-6}$
Мідь, свинець+цинк	$n \cdot 10^{8-7}$	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^{6-5}$
Каолін, глини вогнетривкі	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^{6-5}$
Графіт	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^5$
Молибден, нікель	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$
Вольфрам, олово	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$
Уран	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^3$
Берилій	$n \cdot 10^{5-4}$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^3$
Золото	$n \cdot 10^{3-2}$	$n \cdot 10^{2-1}$	$n \cdot 10$
П'єзооптичний кварц	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10$	$n \cdot 1$

Таблица 1.1

ЗАПАСЫ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (В ТОННАХ)

Полезное ископаемое	Уникальные и весьма крупные	Крупные	Средние и мелкие
Угли	$n \cdot 10^{11-10}$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$
Минеральные соли	$n \cdot 10^{11-10}$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$
Руды железа	$n \cdot 10^{10}$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$
Руды марганца	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^7$
Руды хрома, бокситы	$n \cdot 10^{9-8}$	$n \cdot 10^{8-7}$	$n \cdot 10^{7-6}$
Медь, свинец+цинк	$n \cdot 10^{8-7}$	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^{6-5}$
Каолин, глины огнеупорные	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^{6-5}$
Графит	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^5$
Молибден, никель	$n \cdot 10^{7-6}$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$
Вольфрам, олово	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$
Уран	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^3$
Бериллий	$n \cdot 10^{5-4}$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^3$
Золото	$n \cdot 10^{3-2}$	$n \cdot 10^{2-1}$	$n \cdot 10$
Пьезооптический кварц	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10$	$n \cdot 1$

При розробці родовищ шарової форми, наприклад вугільних, такі ділянки називають *шахтними полями*, а всю область поширення корисних копалин і вміщуючих їх однотипних осадових або осадово-метаморфічних порід іменують басейном, наприклад Донецький вугільний басейн, Криворізький залізорудний басейн і т. ін. По своїх розмірах басейни значно перевершують навіть унікальні родовища, у зв'язку з чим для зручності розвитку геологічних робіт та розробки корисних копалин басейни, як правило, поділяються на гірничопромислові райони з урахуванням змін геологічної будови, адміністративно-господарських та інших чинників.

Невеликі тіла корисних копалин, що залягають на близькій відстані друг від друга, по техніко-економічним обставинам часто поєднуються в одне родовище. У цьому випадку запаси мінеральної сировини оцінюються сумарно і, відповідно, проектується відпрацьовування їх одним гірничим підприємством, що характерно, наприклад, для родовищ кольорових металів жильної форми, дрібних гніздоподібних покладів нерудної сировини та ін.

У гірничорудній промисловості часто використовується поняття: *гірничорудний район*, під яким розуміється адміністративно-господарський район, що характеризується наявністю декількох, геологічно нерідко роз'єднаних, але однотипних родовищ, наприклад: Красноуральський міднорудний район. Це поняття має лише непрямий геологічний вміст і, найчастіше вживається як економіко-географічне.

Форми, умови залягання і мінеральний склад родовищ навіть таких же самих корисних копалин (наприклад, залізо) за-

При разработке месторождений пластовой формы, например угольных, такие участки называют шахтными полями, а всю область распространения полезных ископаемых и вмещающих их однотипных осадочных или осадочно-метаморфических пород именуют бассейном, например Донецкий угольный бассейн, Криворожский железорудный бассейн и т.п. По своим размерам бассейны значительно превосходят даже уникальные месторождения, в связи с чем для удобства развития геологических работ и разработки полезных ископаемых бассейны обычно делятся на горнопромышленные районы с учетом изменений геологического строения, административно-хозяйственных и других соображений.

Небольшие тела полезного ископаемого, залегающие на близком расстоянии друг от друга, по технико-экономическим соображениям часто объединяются в одно месторождение. В этом случае заключенные в них запасы минерального сырья оцениваются суммарно и, соответственно проектируется отработка их одним горным предприятием, что характерно, например, для месторождений цветных металлов жильной формы, мелких гнездообразных залежей нерудного сырья и др.

В горнорудной промышленности часто используется понятие: *горнорудный район*, под которым понимается административно-хозяйственный район, характеризующийся наличием нескольких, геологически нередко разобщенных, но однотипных месторождений, например: Красноуральский міднорудный район. Это понятие имеет лишь косвенный геологический смысл и, чаще всего употребляется как экономико-географическое.

Формы, условия залегания и минеральный состав месторождений даже одних и тех же полезных ископаемых (например, желе-

лежать від умов їхнього формування або, інакше кажучи, від генезису. У зв'язку з цим при вивченні родовищ прийнято класифікувати їх по генезису. Генетична класифікація має тісний зв'язок між процесами утворення корисних копалин і порід. Тому в однакових геологічних умовах повинні формуватися аналогічні по складу, масштабам та умовам залягання родовища. Найбільше широко на даний час використовується генетична класифікація В.І.Смирнова, приведена з деякими скороченнями в таблиці 1.2.

Для різних видів мінеральної сировини найважливішими в промислово-економічному відношенні є родовища різного генезису. У зв'язку з цим у геологорозвідувальній практиці затвердилося поняття *промисловий тип родовища* даного виду мінеральної сировини, тобто такий генетичний тип родовищ, що протягом багатьох років складав основу розвитку даної галузі гірничодобувної промисловості і дає на даний час не менше 3% світового видобутку. Промислово-генетична класифікація родовищ корисних копалин здійснюється по видах мінеральної сировини. Наприклад, серед родовищ нікелю до промислових типів відносяться магматично-ліквацийні родовища сульфідних мідно-нікелевих руд, з яких добувається близько 80% цього металу у світі, і залишкові родовища кори вивітрювання ультраосновних порід; найбільша кількість молибдену зосереджена і добувається із штокверкових родовищ кварц-молибденитових і кварц-серицит-молибденит-халькопиритових руд (до 85%) і т.ін.

Оцінка промислової перспективності родовища ґрунтується, таким чином, з однієї сторони на геологічній характеристиці умов залягання, формах тіл корис-

зо) зависят от условий их формирования или, иначе говоря, от генезиса. В связи с этим при изучении месторождений принято классифицировать их по генезису. Генетическая классификация предполагает тесную связь между процессами образования полезных ископаемых и пород. Поэтому в одинаковых геологических условиях должны формироваться аналогичные по составу, масштабам и условиям залегания месторождения. Наиболее широко в настоящее время используется генетическая классификация В.И.Смирнова, приведенная с некоторыми сокращениями в таблице 1.2.

Для разных видов минерального сырья важнейшими в промышленно-экономическом отношении являются месторождения различного генезиса. В связи с этим в геологоразведочной практике утвердилось понятие *промышленный тип месторождения* данного вида минерального сырья, т.е. такой генетический тип месторождений, который на протяжении многих лет составлял основу развития данной отрасли горнодобывающей промышленности и дает в настоящее время не менее 3% мировой добычи. Промышленно-генетическая классификация месторождений полезных ископаемых осуществляется по видам минерального сырья. Например, среди месторождений никеля к промышленным типам относятся магматически-ликвационные месторождения сульфидных мідно-нікелевих руд, из которых добывается около 80% этого металла в мире, и остаточные месторождения коры выветривания ультраосновных пород; наибольшее количество молибдена сосредоточено и добывается из штокверковых месторождений кварц-молибденитовых и кварц-серицит-молибденит-халькопиритовых руд (до 85%) и т.д.

Оценка промышленной перспективности вновь открываемого или изучаемого месторождения основывается, таким образом, с

них копалин, їх мінерального складу і геолого-структурних особливостей району, що дозволяють визначити генетичний тип об'єкта; з іншого боку, на основі досвіду й історичної оцінки значення даного генетичного типу в розвитку промисловості.

одной стороны на геологической характеристике условий залегания, формы тел полезного ископаемого, его минерального состава и геолого-структурных особенностях района, позволяющих определить генетический тип объекта; с другой стороны, на основании опыта и исторической оценки значения данного генетического типа в развитии промышленности.

Таблица 1.2

ГЕНЕТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН  
(ПО В.І. СМІРНОВУ)

Серія	Група	Клас
Магматогенна (ендогенна)	Магматична	Ліквацийний Ранньомагматичний Піздньомагматичний
	Пегматитова	Простих пегматитів Перекристалізованих пегматитів Метасоматично заміщених пегматитів
	Карбонатитова	Магматичний Метасоматичний
	Скарнова	Комбінований Вапняні скарни Магнезальні скарни Силікатні скарни
	Альбітит-грейзенова	Альбітитовий Грейзеновий
	Гідротермальна	Плутогенний Вулканогенний Телетермальний (амагматогенний)
	Колчеданна	Метасоматичний Вулканогенно-осадковий Комбінований
Седиментогенна (екзогенна)	Вивітрювання	Залишковий Інфільтраційний
	Розсипова	Елювіальний Делювіальний Пролювіальний Алювіальний
	Осадова	Літоральний Гляціальний Механічний Хімічний Біохімічний Вулканогенний
Метаморфогенна	Метаморфізована	Регіонально метаморфізований
	Метаморфічна	Контактово-метаморфізований —

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ (ПО В.И. СМИРНОВУ)

Серия	Группа	Класс
Магматогенная (эндогенная)	Магматическая	Ликвационный Раннемагматический Позднемагматический
	Пегматитовая	Простых пегматитов Перекристаллизованных пегматитов Метасоматически замещенных пегматитов
	Карбонатитовая	Магматический Метасоматический
	Скарновая	Комбинированный Известковые скарны Магнезиальные скарны Силикатные скарны
	Альбитит-грейзеновая	Альбититовый Грейзеновый
	Гидротермальная	Плутоногенный Вулканогенный
	Колчеданная	Телетермальный (амагматогенный) Метасоматический Вулканогенно-осадочный Комбинированный
Седиментогенная (экзогенная)	Выветривания	Осадочный Инфильтрационный
	Россыпная	Элювиальный Делювиальный Пролювиальный Аллювиальный
	Осадочная	Литаральный Гляциальный Механический Химический Биохимический Вулканогенный
Метаморфогенная	Метаморфизованная	Регионально метаморфизованный
	Метаморфическая	Контактово-метаморфизованный —

#### 1.4 Підрозділ областей поширення корисних копалин

Області поширення родовищ корисних копалин підрозділяються на рудні поля, провінції, субпровінції, пояси та вузли. *Рудним полем* називається область розміщення генетично однотипних

#### 1.4 Подразделение областей распространения полезных ископаемых

Области распространения месторождений полезных ископаемых подразделяются на рудные поля, провинции, субпровинции, пояса и узлы. *Рудным полем* называется область размещения генетически однотипных

родовищ, просторово і генетично підлеглих єдиній геологічній структурі (складці, розлому, контакту) чи характерним сполученням елементів структури. Розміри рудних полів по площі змінюються від одиниць до десятків і сотень квадратних кілометрів. Особливості закономірного розташування родовищ, окремих рудних тіл і рудопроявів у рудному полі називаються його структурою. Структура рудного поля, таким чином, характеризує закономірність просторового розміщення родовищ з їхніми тілами корисних копалин. Наприклад, Фрейберзьке рудне поле (срібно-поліметалевих родовищ) у Німеччині, Никитовське рудне поле (ртутних родовищ) у Донбасі та ін.

Великі геоструктурні елементи земної кори (геосинклінали, платформи і зони активізації) характеризуються різною історією магматизму, осадконакопичення і метаморфічних процесів і, природно, різними асоціаціями родовищ, різних по формах, умовам залягання і видах корисних копалин. При вивченні геології родовищ корисних копалин такі великі геоструктурні елементи називаються *провінціями*, відповідно, металогеничними, мінерагеничними, вугленосними і нафто-газозносними. Прикладом мінерагеничних провінцій геосинклінальної природи може служити Урал з комплексом основних і ультраосновних глибинних магматичних порід, що включають родовища хрому, титано-залізних руд та платиноїдів, із широко розповсюдженими помірно-кислими субвулканічними і вулканогенно-осадковими породами, з якими пов'язані відомі мідно-колчеданні родовища. Не менше характерна провінція Рудних гір у Центральній Європі, де інтенсивно проявився кислий інтрузивний магматизм і сформу-

месторождений, пространственно и генетически подчиненных единой геологической структуре (складке, разлому, контакту) или характерным сочетаниям элементов структуры. Размеры рудных полей по площади изменяются от единиц до десятков и сотен кв.км. Особенности закономерного расположения месторождений, отдельных рудных тел и рудопроявлений в рудном поле называются его структурой. Структура рудного поля, таким образом, характеризует закономерность пространственного размещения месторождений с их телами полезного ископаемого. Например, Фрейбергское рудное поле (серебряно-полиметаллических месторождений) в Германии, Никитовское рудное поле (ртутных месторождений) в Донбассе и др.

Крупные геоструктурные элементы земной коры (геосинклинали, платформы и зоны активизации) характеризуются различной историей магматизма, осадконакопления и метаморфических процессов и, естественно, различными ассоциациями месторождений, различных по формам, условиям залегания и видам полезных ископаемых. При изучении геологии месторождений полезных ископаемых такие крупные геоструктурные элементы называются *провінціями*, соответственно, металлогеническими, мінерагеническими, угленосными и нефте-газозносными. Примером мінерагенических провинций геосинклинальной природы может служить Урал с комплексом основных и ультраосновных глубинных магматических пород, включающих месторождения хрома, титано-железистых руд и платиноидов, с широко распространенными умеренно-кислыми субвулканическими и вулканогенно-осадочными породами, с которыми связаны известные медно-колчеданные месторождения. Не менее характерна провинция Рудных гор в Центральной Европе, где интенсивно про-

валися грейзенові олов'яні і жильні срібно-поліметалеві і барит-флюоритові родовища. Для платформених областей характерні родовища залізистих кварцитів, бокситів, фосфоритів, марганцю та інших корисних копалин. Прикладом може служити Східно-Європейська платформа з її Українським щитом.

Області активізації характеризуються проникненням у приповерхневі зони глибинних магматичних мас, що обумовили утворення родовищ сульфідних мідно-нікелевих руд, апатитів, алмазів і інших. Такі, наприклад, провінції Східно-Сибірська, Східно-Китайська та інші.

У відповідності із сформованою практикою часто виділяють провінції як області розміщення однотипних родовищ корисних копалин. Так, наприклад, можна говорити про Середньоазіатську ртутно-сурм'яну, Алтайську поліметалеву провінції. Однак таке поняття не відбиває геотектонічну природу провінції. Крім того, у таких же самих провінціях розміщені родовища різних корисних копалин. У зв'язку з цим більше правильним варто вважати виділення *субпровінцій* (І.Г. Магак'ян) наприклад, Уральська мінерагенична провінція та Уральська мідно-колчеданна субпровінція. Деякі дослідники вживають термін *рудна зона* або *рудний пояс* (В.І. Смирнов). Тут мається на увазі лінійно витягнутий характер площі поширення родовищ корисних копалин, такими є, наприклад, рудний пояс Кордильєр, пояс лужних порід Кольського півострова з родовищами апатитів та інші. Зосередження родовищ корисних копалин у місці взаємоперетинання лінійних рудних зон називають рудними вузлами. Їхня площа досягає як правило розмірів сотні квадратних кілометрів, наприклад близько 30 вузлів по-

явився кислий інтрузивний магматизм і сформувались грейзенові олов'янні і жильні срібно-поліметалічні і барит-флюоритові родовища. Для платформених областей характерні родовища залізистих кварцитів, бокситів, фосфоритів, марганцю та інших корисних копалин. Прикладом може служити Східно-Європейська платформа з її Українським щитом.

Області активізації характеризуються проникненням в приповерхні зони глибинних магматичних мас, обумовивших утворення родовищ сульфідних мідно-нікелевих руд, апатитів, алмазів і інших. Такі, наприклад, провінції Східно-Сибірська, Східно-Китайська та інші.

В відповідності із сформованою практикою часто виділяють провінції як області розміщення однотипних родовищ корисних копалин. Так, наприклад, можна говорити про Середньоазіатську ртутно-сурм'яну, Алтайську поліметалеву провінції. Однак таке поняття не відбиває геотектонічну природу провінції. Крім того, у таких же самих провінціях розміщені родовища різних корисних копалин. У зв'язку з цим більше правильним варто вважати виділення *субпровінцій* (І.Г. Магак'ян) наприклад, Уральська мінерагенична провінція та Уральська мідно-колчеданна субпровінція. Деякі дослідники вживають термін *рудна зона* або *рудний пояс* (В.І. Смирнов). Тут мається на увазі лінійно витягнутий характер площі поширення родовищ корисних копалин, такими є, наприклад, рудний пояс Кордильєр, пояс лужних порід Кольського півострова з родовищами апатитів та інші. Зосередження родовищ корисних копалин у місці взаємоперетинання лінійних рудних зон називають рудними вузлами. Їхня площа досягає як правило розмірів сотні квадратних кілометрів, наприклад близько 30 вузлів по-

ліметалевих родовищ Забайкалля або Покрово-Киреевський рудний вузол у зоні зчленування Донбасу і Приазовського кристалічного масиву.

### **1.5 Значення мінеральної сировини**

Політична і економічна незалежність кожної країни визначаються насамперед станом її мінерально-сировинної бази, використанням корисних копалин, що добуваються з надр Землі, і продуктів їхньої переробки. Безупинний розвиток багатогалузевого господарства будь-якої країни обумовлює необхідність постійного збільшення кількості виявлених запасів мінеральної сировини і розширення використання її видів. Найважливіше значення мінеральної сировини в розвитку всіх галузей промисловості, а також сільського господарства добре відомі. Мінеральне паливо – вугілля, нафта, газ, уран – є основою енергетики і головним джерелом сировини для хімічної промисловості. Залізні руди складають основу чорної металургії – базу індустріального розвитку країн. Алюміній, мідь, свинець, цинк, нікель та інші кольорові метали мають величезне значення для машино-, моторо-, літакобудування і багатьох інших галузей промисловості. Без рідкісних і рідкісноземельних металів – циркону, танталу, ніобію, лантану, ітрію та інших – неможливий прогрес в атомній енергетиці, ракетобудуванні і створенні космічних кораблів, телебаченні і мобільному зв'язку, інших новітніх технологій і винаходів. Основою хімічної промисловості і виробництва мінеральних добрив є різні неметалеві корисні копалини: солі, сірка, фосфати, інші корисні

зон називають рудними узлами. Их площа досягає обычно розміров сотні квадратних кілометрів, наприклад, около 30 узлов полиметаллических месторождений Забайкалья или Покрово-Киреевский рудный узел в зоне сочленения Донбасса и Приазовского кристаллического массива.

### **1.5 Значение минерального сырья**

Политическая и экономическая независимость каждой страны определяются прежде всего состоянием её минерально-сырьевой базы, использованием добываемых из недр Земли полезных ископаемых и продуктов их переработки. Непрерывное развитие многоотраслевого хозяйства любой страны обуславливает необходимость постоянного увеличения количества выявленных запасов минерального сырья и расширения использования его видов. Важнейшее значение минерального сырья в развитии всех отраслей промышленности, а также сельского хозяйства известны хорошо. Минеральное топливо – уголь, нефть, газ, уран – являются основой энергетики и главным источником сырья для химической промышленности. Железные руды составляют основу черной металлургии – базу индустриального развития стран. Алюминий, медь, свинец, цинк, никель и другие цветные металлы имеют огромное значение для машино-, моторо-, самолетостроения и многих других отраслей промышленности. Без редких и редкоземельных металлов – циркона, тантала, ниобия, лантана, иттрия и других – невозможен прогресс в атомной энергетике, ракетостроении и создании космических кораблей, телевидении и мобильной связи, других новейших технологий и изобретений. Основой химической промышленности и производства минеральных удобрений являются различные неметаллические полезные ископаемые:



копалини. Усе ширше застосовуються різні лицювальні камені та будівельні матеріали. У промислове використання утягується усе більша кількість корисних копалин. За експертними оцінками в найближчі десятиріччя у світі прогнозується зростання споживання більшості видів мінеральної сировини не менше, ніж на 25-30%. Тому геологічна служба, що забезпечує зростання запасів мінеральної сировини, має особливо важливе значення. Академік В.А. Обручев писав у свій час: «геологія збагатила всі країни, але ні одну не зробила бідною». Україна по запасах і якості мінеральних ресурсів посідає ведуче місце у світі. При території в 0,4% усієї суші Землі донедавна вона забезпечувала близько 5% світового видобутку корисних копалин. У надрах України виявлено більше 9 тисяч промислових родовищ 96 видів мінеральної сировини, вартість запасів яких експертами оцінюється від 7,5 до 11 трлн. доларів США. Промисловістю освоєно 3285 родовищ, на базі яких працювали більше 2000 гірничодобувних і переробних підприємств.

Більшість родовищ корисних копалин, що залягають близько до поверхні у відносно доступних для розробки умовах, уже виявлена та освоєється. Геологи і гірники переходять до вивчення і освоєння глибокозалягаючих родовищ корисних копалин, що природно, призводить до збільшення вартості геологорозвідувальних та гірничих експлуатаційних робіт. З розвитком технології і техніки гірничого виробництва та переробки мінеральної сировини знижуються вимоги до якості корисних копалин. Однак зазвичай таке допущення виправдується при великому масштабі родовищ, що залягають у доступних для експлуа-

соли, сера, фосфати, другие полезные ископаемые. Все шире применяются различные облицовочные камни и строительные материалы. По экспертным оценкам в промышленное использование вовлекается все большее количество полезных ископаемых. В ближайшие десятилетия в мире прогнозируется возрастание потребления большинства видов минерального сырья не менее, чем на 25-30%. Поэтому геологическая служба, обеспечивающая прирост запасов минерального сырья, имеет особо важное значение. Академик В.А.Обручев писал в свое время: «геология обогатила все страны, но ни одну не сделала бедной». Украина по запасам и качеству минеральных ресурсов занимает ведущее место в мире. При территории в 0,4% всей суши Земли до недавнего времени она обеспечивала около 5% мировой добычи полезных ископаемых. В недрах Украины выявлено около 9 тысяч промышленных месторождений 96 видов минерального сырья, стоимость запасов которых экспертами оценивается от 7,5 до 11 трлн. долларов США. Промышленностью освоено 3285 месторождений, на базе которых работали более 2000 горнодобывающих и перерабатывающих предприятий.

Большинство месторождений полезных ископаемых, залегающих близко к поверхности в относительно доступных для разработки условиях, уже выявлено и осваивается. Геологи и горняки переходят к изучению и освоению глубоко залегающих месторождений полезных ископаемых, что естественно, приводит к увеличению стоимости геологоразведочных и горных эксплуатационных работ. С развитием технологии и техники горного производства и переработки минерального сырья снижаются требования к качеству полезных ископаемых. Однако обычно такое допущение оправдывается при крупном масштабе ме-

тації умовах або поблизу існуючих великих підприємств, що мають потребу у даному виді мінеральної сировини. У цілому намічається загальна тенденція до використання корисних копалин більше низької якості й одночасному збільшенню вимог до кількості (запасам). Іншими словами, великі родовища бідних руд, наприклад кольорових металів, для планомірного розвитку промисловості представляють собою більше надійну базу, чим дрібні родовища високоякісної корисної копалини.

Останнім часом важливого значення набуває комплексне використання мінеральної сировини, коли при здобуванні головних компонентів (хімічних елементів, їх з'єднань) використовуються домішки та «відходи» гірничої промисловості. Комплексне використання родовищ відповідає екологічним задачам охорони надр, земної поверхні і навколишнього середовища. Повне використання всіх продуктів переробки корисних копалин, створення замкнутих циклів виробництва природно приведе до зниження шкідливого впливу промисловості на природу (забруднення вод, атмосфери і т.ін.), про що говориться в Конституції України.

### **1.6 Стилі історичні відомості**

Гірські породи і мінерали, що використовувалися людиною на зорі свого становлення, з повним правом відносяться до корисних копалин. Поступово серед них відбиралися кращі, наприклад, кремій, по властивостях відповідаючі тим чи іншим вимогам. Накопичувався досвід використання і пошуків необхідних каменів, а пізніше – руд металів і, безсумнівно, цей досвід передавався з покоління в покоління і перетворювався у своєрідні усні посібники.

сторожених, залегаючих в доступних для експлуатації умовах или вблизи существующих крупных предприятий, нуждающихся в данном виде минерального сырья. В целом намечается общая тенденция к использованию полезных ископаемых более низкого качества и одновременному увеличению требований к количеству (запасам) его. Иными словами, крупные месторождения бедных руд, например цветных металлов, для планомерного развития промышленности представляют собой более надежную базу, чем мелкие месторождения высококачественного полезного ископаемого.

В последнее время важное значение приобретает комплексное использование добываемого минерального сырья, когда при извлечении главных компонентов используются примеси и «отходы» горной промышленности. Комплексное использование месторождений соответствует экологическим задачам охраны недр, земной поверхности и окружающей среды. Полное использование всех продуктов переработки полезных ископаемых, создание замкнутых циклов производства естественно приведет к снижению вредного влияния промышленности на природу (загрязнения вод, атмосферы и т.п.), о чем говорится в Конституции Украины.

### **1.6 Краткие исторические сведения**

Горные породы и минералы, использованные человеком на заре своего установления, с полным правом относятся к полезным ископаемым. Постепенно среди них отбирались лучшие, например, кремий, по свойствам отвечавшие тем или иным требованиям. Накапливался опыт использования и отыскания необходимых камней, а позже – руд металлов и, несомненно, этот опыт передавался из поколения в поколение и превращался в своеобразные устные руководства.

Перші уявлення про умови формування родовищ корисних копалин, що залишили слід у науці, належать давньогрецьким філософам Фалесу (~625-547 років до н.е.) і Зенонові (~336-264 до н.е.). Перший вважав головною стихією воду, що народжує все живе і неживу природу. Зенон спростовував ідеї Фалеса і вважав основою всього вогонь. Суперечка древніх учених з'явилася як би початком суперечки нештунистів і плутонистів.

Цікаві фактичні відомості про мінерали і гірські породи містяться в роботах Аристотеля (384-322 до н.е.), у «Природній історії» Плінія Старшого (Ів. до н.е.). Велике значення мали праці мусульманських вчених: Авіцени («Книга зцілень», 1028р.), Аль-Бируні («Збори відомостей про пізнання дорогоцінних металів», 1048р.) та інших. Слід зазначити першу колективну працю китайських вчених «Шаньхейдин» (Книга про гори і моря, Вв. до н.е.) у 23 томах якої було вперше описане 17 рудних і 58 нерудних мінералів, зазначені місця їхнього видобутку і застосування.

У доісторичні часи на території східної України були розвинуті видобуток і обробка кременя, а в IV-II тисячоліттях до н.е. тут сформувався один із самих древніх у світі гірничопромисловий район по видобутку мідної руди і виплавки міді, а також виготовленню бронзових знарядь праці і війни. Як свідчать археологічні знахідки відоме Никитовське родовище ртуті, розташоване в Донбасі, розроблялося ще в кам'яному віці для одержання з кіноварі – мінералу ртуті – яскраво-червоної ритуальної фарби. За свідченням давньогрецького історика Геродота (~490-425 до н.е.) скіфи та інші місцеві племена добували золото в Аланських горах, тобто в Нагольному рудно-

Первые представления об условиях формирования месторождений полезных ископаемых, оставившие след в науке, принадлежат древнегреческим философам Фалесу (~625-547 лет до н.э.) и Зенону (~336-264 до н.э.). Первый считал главной стихией воду, рождающую все живое и неживую природу. Зенон опровергал идеи Фалеса и считал основой всего огонь. Спор древних ученых явился как бы началом долго продолжавшегося спора нештунистов и плутонистов.

Интересные фактические сведения о минералах и горных породах содержатся в работах Аристотеля (384-322 до н.э.), в «Естественной истории» Плиния Старшего (Ів. до н.э.). Большое значение имели труды мусульманских ученых: Авиценны («Книга исцелений», 1028г), Аль-Бируни («Собрание сведений о познании драгоценных металлов», 1048г) и других. Следует отметить первый коллективный труд китайских ученых «Шаньхэйдин» (Книга о горах и морях, Вв. до н.э.) в 23 томах которой было впервые описано 17 рудных и 58 нерудных минералов, указаны места их добычи и применения.

В доисторические времена на территории восточной Украины была развита добыча и обработка кременя, а в IV-II тысячелетиях до н.э. здесь сформировался один из самых древних в мире горнопромышленный район по добыче медной руды и выплавки меди, а также изготовлении бронзовых орудий труда и войны. Как свидетельствуют археологические находки известное Никитовское месторождение ртуті, расположенное в Донбассе, разрабатывалось еще в каменном веке для получения из киноварі – минерала ртуті – ярко-красной ритуальной краски. По свидетельству древнегреческого историка Геродота (~490-425 до н.э.) скіфы и другие местные племена добывали

му районі Донбасу. Це підтверджують недавні археологічні знахідки древніх розробок поліметалевих руд із золотом на території Нагольного кряжу. У середні століття на території Європи, України і Росії гірничі промисли були вже широко розвинуті, однак велика частина відомостей про природу гірських порід, мінералів і руд накопичувалася під егідою церкви. Ці матеріали не поширювалися, а явищам природи давалися містичні пояснення.

Перші найбільш повні дані, що існували в той час, по геології, мінералогії корисних копалин і умовам їх розробки дана в праці Агриколи (Георга Бауера) «Про природу копалин». У книзі узагальнюється досвід роботи і спостереження саксонських, чеських рудокопів і дослідників природи. Агрикола (1499-1555) робить наукові висновки і висловлює уявлення про формування рудних жил з розчинів (соків Землі). У 1636р. італійський натураліст Бернардо Цезій з м. Модена вперше запропонував термін «мінерал», що дало початок науці мінералогії. Норвезький вчений Ешольт у 1648р. уперше застосував слово «геологія», яким ми широко користуємося на даний час.

Наукові основи рудної геології і геологопошукової справи були закладені М.В. Ломоносовим (1711-1765) у його роботах «Слово про народження металів від трясиння Землі» (1757) та «Перші підстави металургії або рудних справ» (1763). Праці М.В. Ломоносова в період з 1784 по 1804рр. перевидавалися чотири рази, що свідчило про їх велике наукове і практичне значення. Видатним вченим кінця ХVІІІв. був професор Фрейберзької гірничої академії Абраам Готліб Вернер (1749-1817), глава школи непутистів.

золото в Аланских горах, т.е. в Нагольном рудном районе Донбасса. Это подтверждают недавние археологические находки древних разработок полиметаллических руд с золотом на территории Нагольного кряжа. В средние века на территории Европы, Украины и России горные промыслы были уже широко развиты, однако большая часть сведений о горных породах, минералах и рудах накапливалась под эгидой церкви. Эти материалы не распространялись, а явлениям природы давались мистические объяснения.

Первая наиболее полная сводка имевшихся в то время сведений по геологии, минералогии и полезных ископаемых и условий их разработки дана в труде Агриколы (Георга Бауэра) «О природе ископаемых». В книге обобщается опыт работы и накопившиеся наблюдения саксонских и чешских рудокопов и исследователей природы. Агрикола (1499-1555) делает научные выводы и высказывает представление о формировании рудных жил из растворов (соков Земли). В 1636г итальянский естествоиспытатель Бернардо Цезий из г.Модены впервые предложил термин «минералогия» и дал начало этой науке. Норвежский ученый Эшольт в 1648г впервые применил слово «геология», которым мы широко пользуемся в настоящее время.

Научные основы рудной геологии и геологопоискового дела были заложены М.В.Ломоносовым (1711-1765) в его работах «Слово о рождении металлов от трясения Земли» (1757) и «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763). Труды М.В.Ломоносова в период с 1784 по 1804года переиздавались четыре раза, что свидетельствовало о их большом научном и практическом значении. Выдающимся ученым конца ХVІІІв. был профессор Фрейбергской горной академии Абраам Готлиб

Свої теоретичні погляди Вернер виклав у книзі «Нова теорія утворення жил» (1791). Майже одночасно шотланец Джеймс Хеттон опублікував «Теорію Землі», у якій доводив виникнення рудних жил внаслідок дії магматичних розплавів, що піднімаються з глибин. На початку ХІХст. у геології затвердилося уявлення про еволюційний розвиток Землі і необоротності процесів, це з'язане з ім'ям Ч. Лайєля, що випустив в 1830р. книгу «Основні початки геології». Великий фактичний матеріал і можливості обміну інформацією дозволили вченим геологам класифікувати родовища по групах різного походження і прийти до висновку про різноманіття процесів їхнього утворення. На початку ХХст. склалося кілька геологічних наукових шкіл: американська, німецька, французька і російсько-українська. Остання багато в чому зберегла свою самобутність дотепер. Розвиток американської школи пов'язано з іменами А. Бетмана, Л. Грейтона, В. Линдгрена, Дж. Спурра, В. Еммонса та інших вчених, що розвивали теорію магматогенно-гідротермального утворення рудних родовищ. Вчені німецької школи внесли великий вклад у пізнання речовини корисних копалин, у розвиток структурного і мікроструктурного аналізу. Серед них виділяються В. Гольдшмідт, Ф. Зандбергер, П. Рамдор, П. Нігглі, І. Фогт, Г. Шнейдерхен та інші. Серед вчених французької школи, що заснували новий напрямок у вивченні рудних родовищ – металогенію – відомі імена Елі де Бомона, Л. де Лоне, Ж. Фурньє, П. Рутьє та ін.

Російським і українським вченим властивий регіональний аналіз геологічних явищ і прагнення до розкриття причинних зв'язків реконструюємих

Вернер (1749-1817), глава школи нептуністів. Своє теоретичне воззрення Вернер изложил в книге «Новая теория образования жил» (1791). Почти одновременно шотланец Джеймс Хеттон опубликовал «Теорию Земли», в которой доказывал возникновение рудных жил в результате действия поднимающихся из глубин магматических расплавов. В начале ХІХв. в геологии утвердилось представление о эволюционном развитии Земли и необратимости процессов, что связано с именем Ч.Лайеля, выпустившего в 1830г книгу «Основные начала геологии». Накопившейся большой фактический материал и расширившиеся возможности обмена информацией позволили ученым геологам классифицировать месторождения по группам различного происхождения и прийти к выводу о многообразии процессов их образования. В начале ХХв. сложилось несколько геологических научных школ: американская, немецкая, французская и русско-украинская во многом сохраняющие свою самобытность до настоящего времени. Развитие американской школы связано с именами А.Бэтмана, Л.Грейтона, В.Линдгрена, Дж.Спурра, В.Эммонса и других ученых, развивавших теорию магматогенно-гидротермального образования рудных месторождений. Ученые немецкой школы внесли большой вклад в познание вещества полезных ископаемых, в развитие структурного и микроструктурного анализа. Среди них выделяются В.Гольдшмидт, Ф.Зандбергер, П.Рамдор, П.Ниггли, И.Фогт, Г.Шнейдерхен и другие. Среди ученых французской школы, основавших новое направление в изучении рудных месторождений – металлогению – известны имена Эли де Бомона, Л. де Лоне, Ж. Фурньє, П.Рутьє и др.

Русским и украинским ученым свойственен региональный анализ геологиче-

процесів мінералоутворення. Серед них виділяються імена О.П. Карпинського, В.А. Обручева, Н.К. Висоцького, Є.С. Федорова, М.А. Усова, К.І. Богдановича, В.І. Вернадського, О.Є. Ферсмана, О.Н. Заварицького, С.С. Смирнова, Ю.А. Білібіна, Н.П. Семененко, Я.Н. Белевцева, Є.К. Лазаренко та інші. Великий внесок у розвиток учення про утворення екзогенних родовищ корисних копалин внесли О.Д. Архангельський, Д.В. Наливкин, Н.М. Страхов. В області вивчення геології вугільних родовищ відомі імена Л.І. Лутугина, П.І. Степанова, А.А. Гапеева, Ю.А. Жемчужникова та ін. Для української наукової школи характерні не тільки узагальнюючі металогенічні праці (Н.П. Семененко, Я.Н. Белевцев), але і видатні роботи з регіональної і генетичної мінералогії (Є.К. Лазаренко), кристалохімії (О.С. Поварених) і інших напрямкам.

На даний час українські геологи розвивають кращі традиції своїх теоретичних шкіл і направляють свої зусилля на зміцнення мінерально-сировинної бази своєї країни.

### **1.7 Задачі геологічної розвідки**

Задачею геологів є постійний пошук нових родовищ і нарощування запасів мінеральної сировини уже відомих родовищ для забезпечення зростання виробництва всіх галузей промисловості. На відміну від живої природи запаси розроблених родовищ не відновлюються. Відтворення мінерально-сировинних ресурсів відбувається за рахунок відкриття і освоєння нових родовищ, що вимагає значних матеріальних і трудових витрат і

сих явлений и стремление к раскрытию причинных связей реконструируемых процессов минералообразования. Среди них выделяются имена А.П. Карпинского, В.А. Обручева, Н.К. Высоцкого, Е.С. Федорова, М.А. Усова, К.И. Богдановича, В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, А.Н. Заварицкого, С.С. Смирнова, Ю.А. Билибина, Н.П. Семененко, Я.Н. Белевцева, Е.К.Лазаренко и другие. Большой вклад в развитие учения об образовании экзогенных месторождений полезных ископаемых внесли А.Д. Архангельский, Д.В. Наливкин, Н.М. Страхов. В области изучения геологии угольных месторождений известны имена Л.И. Лутугина, П.И. Степанова, А.А. Гапеева, Ю.А. Жемчужникова и др. Для украинской научной школы характерны не только обобщающие металлогенические построения (Н.П. Семененко, Я.Н. Белевцев), но и выдающиеся работы по региональной и генетической минералогии (Е.К. Лазаренко), кристаллохимии (А.С. Поваренных) и других направлениям.

В настоящее время украинские геологи развивают лучшие традиции своих теоретических школ и направляют свои усилия на укрепление минерально-сырьевой базы своей страны.

### **1.7 Задачі геологічної розвідки**

Задачей геологов является постоянный поиск новых месторождений и наращивание запасов минерального сырья уже известных для обеспечения роста производства всех отраслей промышленности. В отличие от живой природы запасы разрабатываемых месторождений не возобновляются. Воспроизводство минерально-сырьевых ресурсов происходит за счет открытия и освоения новых месторождений, что требует значительных материальных и

нерідко посідає значний період часу. Виправдуються витрати на геолого-розвідувальний процес внаслідок видобутку і реалізації виявленої і розвіданої мінеральної сировини, що здійснюються багато пізніше. При цьому треба мати на увазі, що далеко не всі геологічні пошуки і навіть розвідка приводять до виявлення родовищ, до визначення запасів мінеральної сировини, що мають промисловий інтерес, тоді як тільки вони можуть характеризувати ефективність геолого-пошукового і розвідувального процесу в цілому. Звідси випливає необхідність постійного удосконалення методів, технічних засобів і організації геологічних робіт з метою підвищення їхньої ефективності. Слідом за геологічними на родовищі починаються гірничо-підготовчі, експлуатаційні і всі пов'язані з ними будівельні роботи. Проектування і проведення гірничих робіт ґрунтується на геологічних матеріалах, що характеризують форму та умови залягання родовища, тіл корисних копалин, а також якісні показники мінеральної сировини. Цілком зрозуміло, що неточність або схематичність геологічних матеріалів відіб'ється в проекті розкриття, відпрацювання та в економічних розрахунках роботи майбутнього підприємства, що виявляється вже під час початку та у ході експлуатаційних робіт і призводить до необхідності додаткових матеріальних витрат і може затримати початок розробки родовища. Усе це різко негативно відбивається на роботі гірничого підприємства, а іноді і всієї галузі народного господарства. Таким чином, внаслідок геолого-пошукових і розвідувальних робіт повинні бути отримані дані, досить повно і з необхідною вірогідністю характеризуючи родовища, що забезпечує проектування і проведення

трудова затрати и нередко занимает значительный период времени. Оправдываются затраты на геологоразведочный процесс в результате добычи и реализации выявленного и разведанного минерального сырья, осуществляющихся много позже. При этом надо иметь в виду, что далеко не все геологические поиски и даже разведки приводят к выявлению месторождений, к определению запасов минерального сырья, представляющих промышленный интерес, тогда как только они могут характеризовать эффективность геолого-поискового и разведочного процесса в целом. Отсюда вытекает необходимость постоянного совершенствования методов, технических средств и организации геологических работ с целью повышения их эффективности. Вслед за геологическими на месторождении начинаются горно-подготовительные, выемочные и все связанные с ними строительные работы. Проектирование и проведение горных работ основывается на геологических материалах, характеризующих форму и условия залегания месторождения, тел полезного ископаемого, а также качественные показатели минерального сырья. Совершенно очевидно, что неточность или схематичность геологических материалов отразится в проекте вскрытия, отработки и в экономических расчетах работы будущего предприятия, что выявляется уже во время начала и в ходе эксплуатационных работ и приводит к необходимости дополнительных материальных затрат и может задержать начало разработки месторождения. Все это резко отрицательно отражается на работе горного предприятия, а иногда и всей отрасли народного хозяйства. Таким образом, в результате геолого-поисковых и разведочных работ должны быть получены сведения, достаточно полно и с необходимой достоверно-

гірничих робіт у межах намічених витрат і термінів – це і складає конкретну задачу геологів-розвідників і розвідувачів.

Відкриття і вивчення нових родовищ являє собою тривалий, дорогий процес, у якому беруть участь сотні і тисячі геологів, витрачаються великі матеріальні і технічні засоби. У цілому усі витрати на виявлення та освоєння родовища разом з витратами на видобуток корисних копалин складають собівартість мінеральної сировини. Таким чином, розвиток мінерально-сировинної бази промисловості пов'язано з рішенням складної проблеми підвищення результативності геологічних робіт і зниженням собівартості усіх видів геолого-пошукових і розвідувальних робіт.

У нових економічних умовах необхідно розвиток не тільки теоретичних основ і удосконалення методів пошуків і розвідки родовищ корисних копалин, але і технічного оснащення виробничих геологічних організацій, планування і керування всім геологорозвідувальним процесом. Теоретичні основи рішення зазначених задач складають зміст наукової дисципліни – методики пошуків і розвідки родовищ корисних копалин або економічної геології. Даний науковий напрямок розвивається на основі критичного аналізу досвіду геологорозвідувальних робіт на різних типах родовищ корисних копалин. Найбільше значні роботи з різних питань методики пошуків і розвідки твердих корисних копалин належать таким вченим як М.Н. Альбов, І.В. Васильєв, О.В. Каждан, В.М. Крейтер, Є.О. Погребницький, В.І. Смирнов, О.О. Якшин та іншим.

Кінцевою метою геологів-розвідників є складання моделей родовищ і рудних тіл з таким ступенем наближення до

стью характеризующие месторождения, что обеспечивает проектирование и проведение горных работ в пределах намеченных затрат и сроков – это и составляет конкретную задачу геологов-разведчиков и поисковиков.

Открытие и изучение новых месторождений представляет собой длительный, дорогостоящий процесс, в котором участвуют сотни и тысячи геологов, затрачиваются большие материальные и технические средства. В целом все расходы на обнаружение и освоение месторождения вместе с расходами на добычу полезного ископаемого составляют себестоимость минерального сырья. Таким образом, развитие минерально-сырьевой базы промышленности связано с решением сложной проблемы повышения результативности геологических работ и снижением себестоимости всех видов геолого-поисковых и разведочных работ.

В новых экономических условиях необходимо не только развитие теоретических основ и совершенствование методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, но технического оснащения производственных геологических организаций, планирования и управления всем геологоразведочным процессом. Теоретические основы решения указанных задач составляют содержание научной дисциплины – методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых или экономической геологии. Данное научное направление развивается на основе критического анализа опыта геологоразведочных работ на различных типах месторождений полезных ископаемых. Наиболее значительные работы по различным вопросам методики поисков и разведки твердых полезных ископаемых принадлежат таким ученым как М.Н. Альбов, И.В. Васильев, А.В. Каждан, В.М. Крейтер, Е.О. Погребницкий,



справжніх характеристик досліджуваного об'єкта, що забезпечує проектування і планомірну роботу гірничого підприємства. При цьому деталізація і вірогідність інформації повинна бути достатньою і необхідною. Деталізація пов'язана з подорожчанням геологорозвідувальних робіт, мала вірогідність призводить до ускладнення роботи гірничого підприємства, порушенню плановості видобутку корисних копалин і, у кінцевому рахунку, до росту собівартості мінеральної сировини. *Визначення оптимальних обсягів і правильного використання всіх засобів геологічної розвідки складає предмет методики пошуків і розвідки родовищ корисних копалин.*

У процесі розвідки родовищ геолог має у своєму розпорядженні обмежений обсяг інформації і складає модель, користуючись методом порівняння одержуваних даних з характеристиками відомих родовищ аналогічного генезису, що залягають в аналогічних геологічних умовах. Такий метод широко використовується в геологічній практиці і називається *методом аналогій*. Метод аналогій спирається на систематизовані описи типових родовищ корисних копалин і геологічних умов їхнього виникнення.

Таким чином, знання особливостей геологічної будови найбільше типових родовищ різних корисних копалин складає основу удосконалювання їхніх пошуків і розвідки.

В.И. Смирнов, А.А. Якжин и другим.

Конечной целью геологов-разведчиков является составление моделей месторождений и рудных тел с такой степенью приближения к истинным характеристикам изучаемого объекта, которое обеспечивает проектирование и планомерную работу горного предприятия. При этом детализация и достоверность информации должна быть достаточной и необходимой. Детализация связана с удорожанием геологоразведочных работ, малая достоверность приводит к усложнению работы горного предприятия, нарушению плановости добычи полезного ископаемого и, в конечном счете, к росту себестоимости минерального сырья. *Определение оптимальных объемов и правильного использования всех средств геологической разведки составляет предмет методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.*

В процессе разведки месторождений геолог располагает ограниченным объемом информации и составляет модель, пользуясь методом сравнения получаемых сведений с характеристиками известных месторождений аналогичного генезиса, залегающих в аналогичных геологических условиях. Такой метод широко используется в геологической практике и называется *методом аналогий*. Метод аналогий опирается на систематизированные описания типичных месторождений полезных ископаемых и геологических условий их возникновения.

Таким образом, знание особенностей геологического строения наиболее типичных месторождений различных полезных ископаемых составляет основу совершенствования их поисков и разведки.

*Контрольні питання до глави I*

1. Корисні копалини, їхнє значення і під-розділи.
2. Ізометричні тіла корисних копалин.
3. Плитоподібні тіла, їх характеристика.
4. Форми жил (намалювати і пояснити).
5. Родовище, рудопрояв, шахтне поле, гірничорудний район – визначення, розходження.
6. Генетична класифікація корисних копалин.
7. Дати визначення рудного поля, рудної провінції, рудного поясу . Приклади.
8. Історичні відомості про розвиток навчання про корисні копалини від М.В. Ломоносова до XXI століття.
9. Задача геологічної розвідки.

*Контрольные вопросы к главе I*

1. Полезные ископаемые, их значение и подразделение.
2. Изометричные тела полезных ископаемых.
3. Плитобразные тела, их характеристика.
4. Формы жил (нарисовать и объяснить).
5. Месторождение, рудопоявление, шахтное поле, горнорудный район – определения, различия.
6. Генетическая классификация полезных ископаемых.
7. Дать определение рудного поля, рудной провинции, рудного пояса. Примеры.
8. Исторические сведения о развитии учения о полезных ископаемых от М.В.Ломоносова до XXI века.
9. Задача геологической разведки.

## ГЛАВА II МІНЕРАЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

### ГЛАВА II МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

#### 2.1 Речовинний склад мінеральної сировини

Тіла твердих корисних копалин складені рудами, що можуть бути мономінеральними та полімінеральними. Мономінеральними є, наприклад, поклади кам'яної солі, що складаються з мінералу галіту, поклади сірки, гіпсу, деякі тіла хромітів та інші. Однак руди значної більшості родовищ є полімінеральними, тобто складаються з декількох чи багатьох мінералів. У них виділяються корисні рудні мінерали, що містять цінні елементи, і жильні або нерудні мінерали, що не мають промислового значення. Серед таких жильних або нерудних мінералів найчастіше зустрічаються кварц, кальцит, польові шпати, барит, глинисті та інші мінерали.

Кількісні співвідношення між рудними і жильними мінералами можуть коливатися в дуже великих межах. Якщо руди марганцю або заліза нерідко майже цілком складаються з рудних мінералів, то в золотоносних кварцових жилах кількість самородного золота складає лише тисячні або десятитисячні частки відсотка стосовно маси кварцу. Залежно від того, скільки корисних компонентів витягається з руд, вони можуть бути простими чи комплексними. Прості руди містять лише один корисний компонент, наприклад, алюміній, графіт, азбест, хром, залізо і т.д. З комплексних руд витягають два або кілька корисних елементів. Такими є мідно-нікелеві, мідно-молибденові, поліметалеві, вісмут-кобальт-нікель-урано-срібні та інші руди.

#### 2.1 Вещественный состав минерального сырья

Тела твердых полезных ископаемых сложены рудами, которые могут быть мономинеральными и полиминеральными. Мономинеральными являются, например, залежи каменной соли, состоящие из минерала галита, залежи серы, гипса, некоторые тела хромитов и т.д. Однако руды значительного большинства месторождений являются полиминеральными, т.е. состоящими из нескольких или многих минералов. В них выделяются полезные рудные минералы, содержащие ценные элементы, и жильные или нерудные минералы, которые не имеют промышленного значения. Среди таких жильных или нерудных минералов чаще всего встречаются кварц, кальцит, полевые шпаты, барит, глинистые и другие минералы.

Количественные соотношения между рудными и жильными минералами могут колебаться в очень больших пределах. Если руды марганца или железа нередко почти целиком состоят из рудных минералов, то в золотоносных кварцевых жилах количество самородного золота составляет лишь тысячные или десятитысячные доли процента по отношению к массе кварца. В зависимости от того, сколько полезных компонентов извлекается из руд, они могут быть простыми или комплексными. Простые руды содержат лишь один полезный компонент, например, алюминий, графит, азбест, хром, железо и т.д. Из комплексных руд извлекают два или несколько полезных элементов. Такими являются медно-никелевые, медно-молибденовые, полиметаллические, висмут-кобальт-никель-урано-серебряные и др. руды.

Крім головних компонентів у рудах нерідко зустрічаються різні елементи-домішки, що містяться в незначних кількостях (сотих чи тисячних частках відсотка). Ці елементи-домішки попутно з основними компонентами витягаються з руд, збільшуючи їхню цінність. Наприклад, присутність срібла, золота, кадмію, талію, селену, телуру підвищує цінність свинцево-цинкових руд, а домішки кобальту, платини і паладія – мідно-нікелевих.

Перелік найголовніших рудних мінералів родовищ твердих корисних копалин у порядку їхнього подальшого опису в підручнику з указівкою найбільше важливих (діагностичних) особливостей приведений у таблиці 2.1 і 2.2.

Речовинний склад вугілля визначається сполученням різних їх складових, названими інгредієнтами. Два з чотирьох відомих інгредієнтів – вітрен та фюзен – є простими, а два інших – кларен та дюрен – складними, тобто складеними не тільки з однорідної геліфікованої основної маси, але і різних рослинних залишків, а також мінеральних домішок. Фюзен по зовнішньому вигляді нагадує сажисте деревне вугілля. Він має тонковолокнисту будову і відноситься до матових інгредієнтів вугілля. Таким же матовим є і дюрен, тільки він має щільну будову і велику твердість. Вітрен представлений блискучою однорідною тендітною масою з раковистим зломом і поперечною тріщинуватістю. Він є носієм коксівної здатності вугілля. Кларен відноситься до блискучої чи напівматової складової вугілля і має масивне, нерідко шарувату будову.

Кроме главных компонентов в рудах нередко встречаются различные элементы-примеси, содержащиеся в незначительных количествах (сотых или тысячных долей процента). Эти элементы-примеси попутно с основными компонентами извлекаются из руд, увеличивая их ценность. Например, присутствие серебра, золота, кадмия, таллия, селена, теллура повышает ценность свинцово-цинковых руд, а примеси кобальта, платины и палладия – медно-никелевых.

Перечень главнейших промышленных минералов месторождений твердых полезных ископаемых в порядке их дальнейшего описания в учебнике с указанием наиболее важных (диагностических) особенностей приведен в таблице 2.1 и 2.2.

Вещественный состав углей определяется сочетанием различных их составляющих, называемых ингредиентами. Два из четырех известных ингредиентов – витрен и фюзен – являются простыми, а два остальных – кларен и дюрен – сложными, т.е. состоящими не только из однородной гелифицированной основной массы, но и различных растительных остатков, а также минеральных примесей. Фюзен по внешнему виду напоминает сажистый древесный уголь. Он имеет тонковолокнистое строение и относится к матовым ингредиентам угля. Таким же матовым является и дюрен, только он имеет плотное строение и большую твердость. Витрен представлен блестящей однородной хрупкой массой с раковистым изломом и поперечной трещиноватостью. Он является носителем коксующей способности угля. Кларен относится к блестящей или полуматовой составляющей угля и имеет массивное, нередко слоистое строение.

## 2.2 Структурно-текстурні особливості, етапи та стадії мінералоутворювання

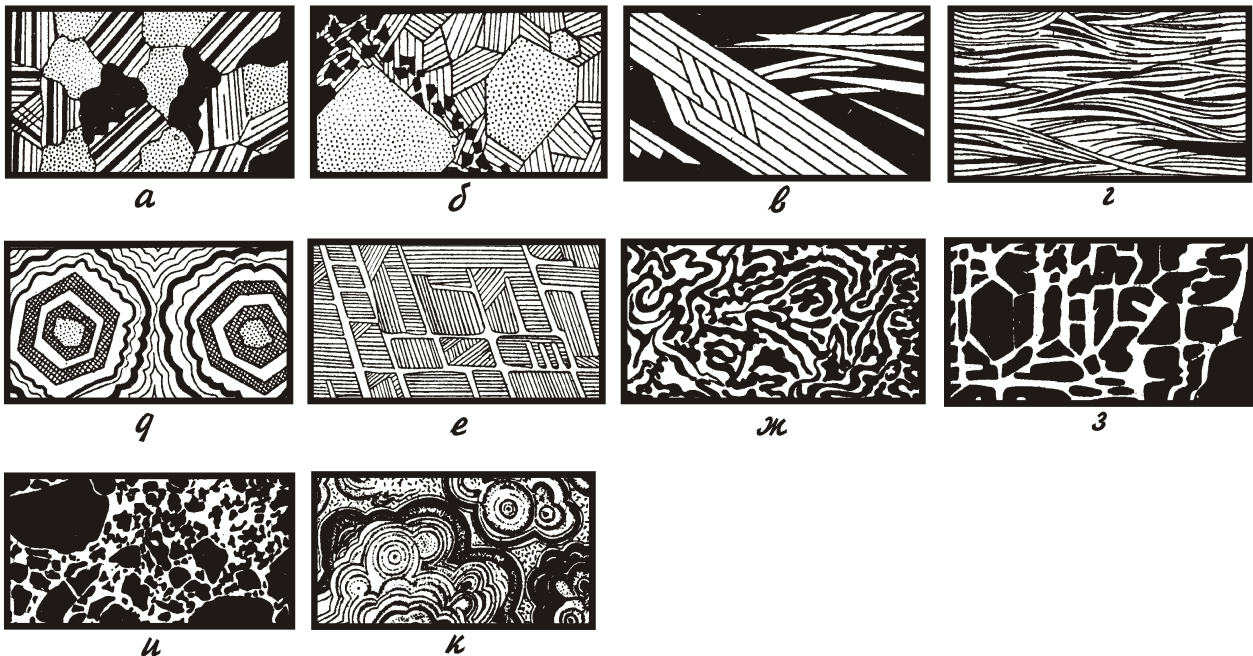
Корисні копалини складаються різними мінеральними агрегатами, які у свою чергу, складаються із зростків кристалічних зерен різних мінералів. Оскільки форма, розмір і характер зрощень як окремих кристалічних зерен, так і мінеральних агрегатів можуть бути дуже різноманітні, так і будова руд може бути різною. Для позначення особливостей будови руд застосовують терміни «структура» і «текстура».

Структурою називається будова мінеральних агрегатів, обумовлена формою, розмірами і співвідношенням їхніх кристалічних зерен, з яких вони складаються. Вивчення структурних особливостей руд дозволяє виявити особливості росту мінеральних зерен і послідовність їхнього утворення (мал. 2.1.1).

## 2.2 Структурно-текстурные особенности, этапы и стадии минералообразования

Полезные ископаемые слагаются различными минеральными агрегатами, которые в свою очередь, состоят из сростков кристаллических зерен разных минералов. Поскольку форма, размер и характер срастаний как отдельных кристаллических зерен, так и минеральных агрегатов могут быть весьма разнообразны, то и строение руд может быть различным. Для обозначения особенностей строения руд применяют термины «структура» и «текстура».

Структурой называется строение минеральных агрегатов, определяемое формой, размерами и взаимоотношением слагающих их кристаллических зерен. Изучение структурных особенностей руд позволяет выявить особенности роста минеральных зерен и последовательность их образования (рис. 2.1.1).



Мал. 2.1.1. Головні типи структур руд:

а–рівномірнoзерниста; б–нерівномірнoзерниста; в–плoстинчатa; г–волокниста;  
д–зональнa; е–кристаллографічно-орієнтованa;  
ж–щільного зростання; з–заміщення; и–дроблення; к–коломфорна.

Рис. 2.1.1. Главные типы структур руд:

а–равнoмернoзернистая; б–неравнoмернoзернистая; в–плoстинчатая; г–волокнистая; д–  
зональная; е–кристаллографически-ориентированная;  
ж–тесного срастания; з–замещения; и–дробления; к–коллоформная.

*Текстурою* руди називається її будова, обумовлена формою, розмірами і співвідношенням складових її мінеральних агрегатів, що можуть розрізнятися своїм мінеральним складом і структурами. Якщо, наприклад, касситерит-топазова рудна маса перетинається прожилком галеніт-сфалеритового складу, то в цьому випадку буде спостерігатися сполучення двох різних по своєму складу, будові, а також відносному віку мінеральних агрегатів (мал. 2.1.2). Текстури руд вивчаються, як правило, макроскопічно по штуфних зразках, а структури досліджуються, як правило, під мікроскопом у відбитому світлі. Для цього готують спеціальні препарати руд з ретельно відполірованою поверхнею, які називають полірованими шліфами або аншліфами. Спостереження структур і текстур руд дає можливість виявити послідовність мінералізації та інші важливі генетичні особливості, знання яких необхідно для характеристики процесів утворення родовищ. Це дозволяє, зокрема, розчленувати процес рудоутворення на етапи і стадії з установленням періодів найбільшого рудовідкладання, що має важливе практичне значення.

*Етапом мінералізації* називають тривалий період мінералоутворення, пов'язаний з одним яким-небудь генетичним процесом, наприклад, магматичним, гідротермальним чи екзогенним поверхневим. Як правило руди родовища формуються протягом одного етапу мінералоутворення, рідше двох, як це, наприклад, має місце у верхніх частинах рудних покладів глибинного походження, коли в них утвориться зона окислювання внаслідок впливу екзогенних факторів. Етапи мінералізації поділяються на стадії.

*Стадією мінералізації* називають період, протягом якого утворилася яка-небудь визначена мінеральна асоціація руд, як прави-

*Текстурою* руди називається її строение, обусловленное формой, размерами и взаимоотношением составляющих её минеральных агрегатов, которые могут различаться своим минеральным составом и структурами. Если, например, касситерит-топазовая рудная масса пересекается прожилком галенит-сфалеритового состава, то в этом случае будет наблюдаться сочетание двух различных по своему составу, строению, а также относительному возрасту минеральных агрегатов (рис. 2.1.2). Текстуры изучаются, как правило, макроскопически по штуфным образцам, а структуры руд исследуются обычно под микроскопом в отраженном свете, для этого готовят специальные препараты руд с тщательно отполированной поверхностью, называемые полированными шлифами или аншлифами. Наблюдение структур и текстур руд дает возможность выявить последовательность минерализации и другие важные генетические особенности, знание которых необходимо для характеристики процессов образования месторождений. Это позволяет, в частности, расчленить процесс рудообразования на этапы и стадии с установлением периодов наибольшего рудоотложения, что имеет важное практическое значение.

*Етапом минерализации* называют длительный период минералообразования, связанный с одним каким-либо генетическим процессом, например, магматическим, гидротермальным или экзогенным поверхностным. Обычно руды месторождения формируются в течение одного этапа минералообразования, реже двух, как это, например, имеет место в верхних частях рудных залежей глубинного происхождения, когда в них образуется зона окисления в результате воздействия экзогенных факторов. Этапы минерализации делятся на стадии.

*Стадией минерализации* называют период, в течение которого образовалась какая-либо определенная минеральная ассоциация

ло представлена подібними по своєму складу мінеральними агрегатами. Формування руд багатьох родовищ, особливо гідротермальних, відбувається, як правило, протягом декількох стадій (до п'яти і більше), що розділені перервами. Ці перерви відповідають періодам тектонічного спокою. Початок кожної нової стадії пов'язано з поживленням тектонічної діяльності, що призводить до утворення нових тріщин або розкриття раніше утворених порожнин. У них проникають нові порції рудоносних розчинів, що відкладають там різні мінерали. Аналіз структурно-текстурних особливостей руд має дуже велике значення і для рішення питання про спосіб переробки корисних копалин. Знання розмірів рудних мінералів, їхньої форми і характеру зрощень з нерудними мінералами необхідно для визначення ступеня дроблення руд і встановлення раціональної схеми їхнього збагачення, а також рішення інших технологічних питань.

Процес мінералізації і рудовідкладання відбувається як правило в умовах мінливої геологічної і фізико-хімічної обстановки, і це накладає свій відбиток на речовинний склад і текстурні особливості руд. Отже, вивчення текстур руд, їхнього речовинного складу допомагає виявленню не тільки умов рудоутворення, але й еволюції цих умов у процесі рудовідкладання, дозволяє простежити зміну тектонічної і геохімічної обстановки в ході цього процесу. А.Г. Бетехтін показав, що для кожного з основних генетичних класів родовищ корисних копалин – ендегенних, екзогенних і метаморфогенних – характерні свої текстури, хоча існують і деякі загальні для всіх трьох класів текстурні особливості руд. Це залежить від способу утворення мінеральних агрегатів, тобто чи відбувається відкладення руд одночасно з вміщуючими по-

руд, обычно представленная сходными по своему составу минеральными агрегатами. Формирование руд многих месторождений, особенно гидротермальных, происходит, как правило, в течение нескольких стадий (до пяти и более), которые разделены перерывами. Эти перерывы соответствуют периодам тектонического покоя. Начало каждой новой стадии связано с оживлением тектонической деятельности, приводящим к образованию новых трещин или раскрытием ранее образованных полостей. В них проникают новые порции рудоносных растворов, отлагающих там различные минералы. Анализ структурно-текстурных особенностей руд имеет очень большое значение и для решения вопроса о способе переработки полезных ископаемых. Знание размеров рудных минералов, их формы и характера сростаний с нерудными минералами необходимо для определения степени дробления руд и установления рациональной схемы их обогащения, а также решения других технологических вопросов.

Процесс минерализации и рудоотложения происходит обычно в условиях меняющейся геологической и физико-химической обстановки, и это накладывает свой отпечаток на вещественный состав и структурно-текстурные особенности руд. Следовательно, изучение структур и текстур руд, их вещественного состава помогает выявлению не только условий рудообразования, но и эволюции этих условий в процессе рудоотложения, позволяет проследить изменение тектонической и геохимической обстановки в ходе этого процесса. А.Г. Бетехтин показал, что для каждого из основных генетических классов месторождений полезных ископаемых – эндогенных, экзогенных и метаморфогенных – характерны свои структуры и текстуры, хотя существуют и некоторые общие для всех трех классов структурно-текстурные особенности руд. Это зависит от способа образования мине-

родами, або руди виникають внаслідок наступного відкладення в порожнечах раніше утворених порід, а також шляхом метасоматичного заміщення порід.

*Масивна* текстура зустрічається часто в магматичних родовищах, вона характерна тим, що руда майже суцільно (більше ніж на 75-80%) складена рудними мінералами і має однорідну будову.

*Вкраплена* текстура обумовлена наявністю більше-менше рівномірної вкрапленості рудних мінералів серед нерудної маси. Ця вкрапленість може бути густою, середньою й убогою (мал.2.1.2а).

*Плямиста* текстура характеризується відособленими скупченнями – плямами – рудних мінералів на фоні безрудної складової штуфа (мал.2.1.2б).

*Полосчата* текстура виникає в тому випадку, якщо густа вкрапленість рудних мінералів чи суцільні їхні виділення концентруються у вигляді смуг (мал.2.1.2в).

*Жильна і прожилкова* текстури характерні для гідротермальних родовищ і утворені одним жильним виділенням або декількома взаємоперетинаючимися чи субпаралельними прожилками (мал.2.1.2г і 2.1.2д). Залежно від розташування прожилків виділяють сітчасту текстуру перетинання та інші.

*Брекчийова* текстура виникає в тому випадку, якщо кутасті уламки бічних порід або раніше утворених мінералів цементуються більше пізніми мінеральними агрегатами (мал.2.1.2е). Якщо уламки придбали більше-менше сглажений обрис внаслідок впливу на них розчинів, що відклали цементуючу речовину, то тоді текстура буде називатися *брекчийовидною* (мал.2.1.2ж).

*Коломорфні* текстури у вигляді різних натічних, ниркоподібних, зональних і інших агрегатів утворюються при відкладенні мінеральної речовини з колоїдних роз-

ральных агрегатів, т.е. происходит ли отложение руд одновременно с вмещающими породами или руды возникают в результате последующего отложения в пустотах ранее образованных пород, а также путем метасоматического замещения пород.

*Массивная* текстура встречается часто в магматических месторождениях, она характерна тем, что руда почти сплошь (более чем на 75-80%) сложена рудными минералами и имеет однородное строение.

*Вкрапленная* текстура обусловлена наличием более или менее равномерной вкрапленностью рудных минералов среди нерудной массы. Эта вкрапленность может быть густой, средней и убогой (рис.2.1.2а).

*Пятнистая* текстура характеризуется обособленными скоплениями – пятнами – рудных минералов на фоне безрудной составляющей штуфа (рис.2.1.2б).

*Полосчатая* текстура возникает в том случае, если густая вкрапленность рудных минералов или сплошные их выделения концентрируются в виде полос (рис.2.1.2в).

*Жильная и прожилковая* текстуры характерны для гидротермальных месторождений и образованы одним жильным выделением или несколькими взаимопересекающимися или субпаралельными прожилками (рис.2.1.2г и 2.1.2д). В зависимости от расположения прожилков выделяют сетчатую текстуру пересечения и другие.

*Брекчиевая* текстура возникает в том случае, если угловатые обломки боковых пород или ранее образовавшихся минералов цементируются более поздними минеральными агрегатами (рис.2.1.2е). Если обломки приобрели более или менее оглаженные очертания в результате воздействия на них растворов, отложивших цементирующее вещество, то тогда текстура будет называться *брекчиевидной* (рис.2.1.2ж).

*Колломорфные* текстуры в виде различных натечных, почковидных, зональных и других



чинів (мал.2.1.2з). Крім зазначених текстурних візерунків зустрічаються також усілякі неоднорідні (атакситові) і деякі інші текстури. При вивітрюванні родовищ корисних копалин завдяки процесам хімічного руйнування мінералів виникають різні пористі, комірчасті, коркові, землясті та інші подібні текстури, назви яких дають достатнє уявлення про їхній зовнішній вигляд.

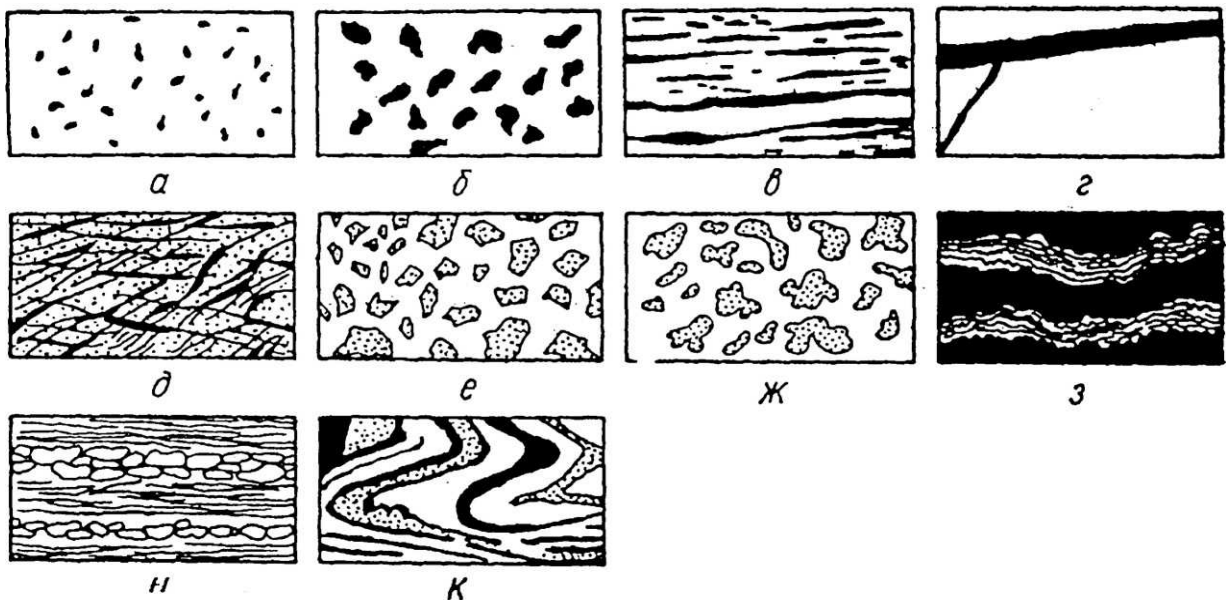
Для осадових родовищ найбільше типова шарувата текстура (мал.2.1.2і), а також конкреційна і конгломератова.

Корисні копалини метаморфогених родовищ як правило мають сланцювату і пльочату текстуру, що характеризуються чергуванням однакових по кольору і складу тонких смуг, нерідко вигнутих у дрібні складки, а також гнейсовидну, для якої властиво часте чергування різних по своєму фарбуванню і складу мінеральних агрегатів (мал.2.1.2к).

агрегатів образуються при отложенні мінерального речовини з коллоїдних розчинів (рис.2.1.2з). Крім указаних текстурних узорів зустрічаються також всілякі неоднорідні (атакситові) і деякі інші текстури. При вивітрюванні родовищ корисних копалин завдяки процесам хімічного руйнування мінералів виникають різні пористі, ячеїсті, коркові, землясті та інші подібні текстури названі яких дають достатнє уявлення об їх зовнішньому вигляді.

Для осадових родовищ найбільш типовою є шарувата текстура (рис.2.1.2и), а також конкреційна і конгломератова.

Полезні копалини метаморфогених родовищ звичайно мають сланцювату і пльочату текстуру, які характеризуються чергуванням однакових по кольору і складу тонких смуг, нерідко вигнутих у дрібні складки, а також гнейсовидну, для якої властиво часте чергування різних по своїй окрасці і складу мінеральних агрегатів (рис.2.1.2к).



Мал. 2.1.2. Головні типи текстур руд:

а-вкраплена; б-плямиста; в-смуґаста; г-жилна; д-прожилкова; е-брекчійова; ж-брекчієвидна; з-коломорфна; і-слоїста; к-смуґаста.

Рис. 2.1.2. Главные типы текстур руд:

а-вкрапленная; б-пятнистая; в-полосчатая; г-жилная; д-прожилковая; е-брекчиевая; ж-брекчиевидная; з-колломорфная; и-слоистая; к-полосчатая.

### 2.3 Методи вивчення корисних копалин

Для вивчення родовищ корисних копалин використовуються різні методи. Основним є геологічна документація, тобто опис і замальовки природних і штучних відслонень тіл корисних копалин. Уважно описуються співвідношення різних мінеральних агрегатів, характер їхніх контактів з вмещаючими породами, навколорудні зміни. Установлюється тріщинуватість корисних копалин і вмещаючих порід, наявність зміщень, дзеркал та штрихів сковавання, їхнє орієнтування в просторі, збирається матеріал для статистичної обробки тріщинуватості. Особлива увага приділяється випробуванню покладів для визначення якості і кількості мінеральної сировини. У процесі дослідження родовищ складаються детальні геологічні карти, розрізи, погоризонтні плани, іноді блок-діаграми тіл корисних копалин.

Усебічно вивчаються самі корисні копалини. Визначається хімічний і спектральний склад руд і рудних мінералів, проводяться рентгеноструктурні, мікрозондові та інші аналізи. Детально досліджуються прозорі і поліровані шліфи (аншліфи) порід і руд, їхні структурно-текстурні особливості. У процесі вивчення родовищ велика увага приділяється складчастим і розривним порушенням, зонам розсланцювання та іншим тектонічним явищам. У ряді випадків величезне значення має вивчення газоносності родовищ, особливо кам'яновугільних. Приділяється увага дослідженню гідрогеологічних умов і обводнювання родовищ, для цього проводять спеціальні дослідження, у тому числі відкачку підземних вод для визначення водопритока і складу підземних вод. Вивчаються також інженерно-геологічні власти-

### 2.3 Методы изучения полезных ископаемых

Для изучения месторождений полезных ископаемых используются различные методы. Основным является геологическая документация, т.е. описание и зарисовки естественных и искусственных обнажений тел полезных ископаемых. Внимательно описываются соотношения различных минеральных агрегатов, характер их контактов с вмещающими породами, окolorудные изменения. Устанавливается трещиноватость полезного ископаемого и вмещающих пород, наличие смещений, зеркал и штрихов сковавания, их ориентировка в пространстве, собирается материал для статистической обработки трещиноватости. Особое внимание уделяется опробованию залежей для определения качества и количества минерального сырья. В процессе исследования месторождений составляются детальные геологические карты, разрезы, погоризонтные планы, иногда блок-диаграммы тел полезных ископаемых.

Всесторонне изучаются сами полезные ископаемые. Определяется химический и спектральный состав руд и рудных минералов, проводятся рентгеноструктурные, микроразондовые и другие анализы. Детально исследуются прозрачные и полированные шлифы (аншлифы) пород и руд, их структурно-текстурные особенности. В процессе изучения месторождений большое внимание уделяется складчатым и разрывным нарушениям, зонам рассланцевания и другим тектоническим явлениям. В ряде случаев огромное значение имеет изучение газоносности месторождений, особенно каменноугольных. Уделяется внимание исследованию гидрогеологических условий и обводненности месторождений, для этого проводятся специальные исследования, в том числе откачку подземных вод для определения водопритока и состава подземных вод. Изуча-

вості корисних копалин і порід, що їх вміщують. Немаловажне значення мають різні геофізичні і геохімічні методи дослідження родовищ.

#### **2.4 Умови утворення родовищ корисних копалин**

Родовище корисних копалин, як і гірські породи, формуються в ході різних геологічних процесів. Ці процеси утворення родовищ корисних копалин поділяються на три великі серії: ендегенні чи магматогенні, екзогенні або седиментогенні і метаморфогенні. Кожна з цих серій підрозділяється у свою чергу на групи і класи родовищ (див.табл.1.2).

*Ендегенні родовища* або магматогенні, зобов'язані своїм виникненням процесам, що протікають у глибинних частинах Землі. Більшість дослідників пов'язують процеси ендегенного рудоутворення з осередками магмосилікатного розплаву складного складу, що містить деяку кількість води, вуглекислоти, сірки, хлору, фтору та інших летучих компонентів поряд з різними металами. По сучасним даним магматичні силікатні розплави представляють собою рідини, що складаються із складних комплексних молекул і іонів. При застиганні ці розплави здобувають упорядковану будову близьку відповідній будові кристалічних фаз. Передбачається, що існують магми двох типів: базальтоїдна, що виникає внаслідок плавлення речовини верхньої мантії Землі на глибині близько 100-150 км, і гранітоїдна, вогнища якої формуються під впливом мантійних теплових потоків у вишележачих сферах земної кори аж до глибин 15-20 км і навіть менше. Теплові потоки з осередків верхньої мантії, ра-

ються також інженерно-геологіческие свойства полезных ископаемых и вмещающих их пород. Немаловажное значение имеют различные геофизические и геохимические методы исследования месторождений.

#### **2.4 Умовия образования месторождений полезных ископаемых**

Месторождение полезных ископаемых, как и горные породы, формируются в ходе различных геологических процессов. Эти процессы образования месторождений полезных ископаемых делятся на три большие серии: эндогенные или магматогенные, экзогенные или седиментогенные и метаморфогенные. Каждая из этих серий подразделяется в свою очередь на группы и классы месторождений (см.табл.1.2).

*Эндегенные месторождения*, называемые также магматогенными, обязаны своим возникновением процессам, протекающим в глубинных частях Земли. Большинство исследователей связывают процессы эндогенного рудообразования с очагами магмосилікатного расплава сложного состава, содержащего некоторое количество воды, углекислоты, серы, хлора, фтора и других летучих компонентов наряду с различными металлами. По современным данным магматические силікатные расплавы представляют собой жидкости, которые состоят из сложных комплексных молекул и ионов. При остывании эти расплавы приобретают упорядоченное строение близко соответствующее строению кристаллических фаз. Предполагается, что существуют магмы двух типов: базальтоидная, возникающая в результате плавления вещества верхней мантии Земли на глубине около 100-150 км, и гранитоидная, очаги которой формируются под влиянием мантийных тепловых потоков и вышележачих сферах земной коры вплоть до глубин 15-20 км и даже менее.

зом з якими транспортується вода, луѓа та інші елементи, у тому числі рудні, проникають у верхні горизонти земної кори по глибинних розломах. Під впливом тектонічних рухів у тих чи інших ділянках земної кори магма впроваджується у верхні її частини, де охолоджується і кристалізується. При застиганні і кристалізації магми відбуваються зміни її складу, названі *диференціацією*. Одночасно магма взаємодіє з породами, що вміщують, переплавляючи й асимілюючи їх. Завдяки сполученню процесів диференціації й асиміляції з базальтоїдної і гранітоїдної магми утвориться вся розмаїтість магматичних гірських порід. У ході цієї еволюції магматизму різні речовини, що містяться в магмі, поведуться по-різному. Одні залишаються в гірській породі, що утвориться, у розсіяному вигляді чи локалізуються у вигляді рудних відокремлень в окремих ділянках магматичних тіл. Інші виносяться у вигляді легко рухливих з'єднань разом з парами води і газоподібними речовинами далеко за межі магматичної камери в породі, що вміщують, і тут відкладаються, заповнюючи тріщини і порожнечі чи заміщаючи речовину навколишніх порід. У першому випадку формуються магматичні родовища, у другому – постмагматичні.

*Магматичні родовища.* У самій магмі в процесі диференціації при відповідних геологічних умовах може відбутися відокремлення цінної речовини, яка, потім, кристалізуючись, утворює великі промислові родовища корисних копалин, власне магматичних. Нагромадження рудоутворюючих мінералів при цьому може відбуватися трьома шляхами.

По-перше, у магмі ультраосновного, основного лужного складу може відбу-

Теплові потоки из очагов верхней мантии, вместе с которыми транспортируется вода, щелочи и другие элементы, в том числе рудные, проникают в верхние горизонты земной коры по глубинным разломам. Под влиянием тектонических движений в тех или иных участках земной коры магма внедряется в верхние её части, где охлаждается и кристаллизуется. При застывании и кристаллизации магмы происходят определенные изменения её состава, называемые *дифференциацией*. Одновременно магма взаимодействует с вмещающими породами, переплавляя и ассимилируя их. Благодаря сочетанию процессов дифференциации и ассимиляции из базальтоидной и гранитоидной магмы образуется все разнообразие магматических горных пород. В ходе этой эволюции магматизма различные вещества, содержащиеся в магме, ведут себя по-разному. Одни остаются в образующейся горной породе в рассеянном виде или локализуются в виде рудных обособлений в отдельных участках магматических тел. Другие выносятся в виде легко подвижных соединений вместе с парами воды и газообразными веществами далеко за пределы магматической камеры во вмещающие породы и здесь отлагаются, заполняя трещины и пустоты или замещая вещество окружающих пород. В первом случае формируются магматические месторождения, во втором – постмагматические.

*Магматические месторождения.* В самой магме в процессе дифференциации при соответствующих геологических условиях может произойти обособление ценных веществ, которые, затем, кристаллизуясь, образуют крупные промышленные месторождения полезных ископаемых, выделяемых в группу собственно магматических. Накопление рудообразующих минералов при этом может происходить тремя путями.

тися ліквация, тобто відділення рудного розплаву від силікатного в рідкій стадії ще до початку кристалізації. Крапельки сульфідного розплаву, що відокремилися, поступово поєднуються, концентруються в різних частинах (головним чином у придонних) масиву порід, що формується, і утворюють родовища цінних металів. Такі родовища називаються ліквацийними, вони характерні для мідно-нікелевих з кобальтом, платиною та іншими елементами руд.

По-друге, у силікатній магмі деякі метали (хром, платина, титан та ін.) можуть входити до складу мінералів, що кристалізуються при високих температурах і відокремлюються у вигляді твердої фази в ще не застиглому розплаві раніш усіх. Опускаючись під дією сили ваги вниз, ці мінерали накопичуються й утворюють рудні поклади. Залежно від швидкості застигання і кристалізації всього магматичного вогнища, рудні мінерали можуть виявитися розташованими на різних рівнях виниклого масиву, часто утворити в породах зони, збагачені цінними мінералами в порівнянні із середнім їхнім вмістом у масиві. Іноді збагачення виявляється значним, і така порода може розглядатися як промислово-коштовна руда. Так виникають *ранньомагматичні* родовища, прикладами яких є родовища хроміту, платини і металів її групи в ультраосновних породах і рідкісноземельних мінералів у лужних породах.

По-третє, у магмах, збагачених летучими речовинами, силікатні мінерали кристалізуються раніш рудних. У цьому випадку виникає своєрідний залишковий рудний розплав, що під впливом тектонічних рухів заповнює тріщини у вже розкристалізованій і затверділій породі. Так

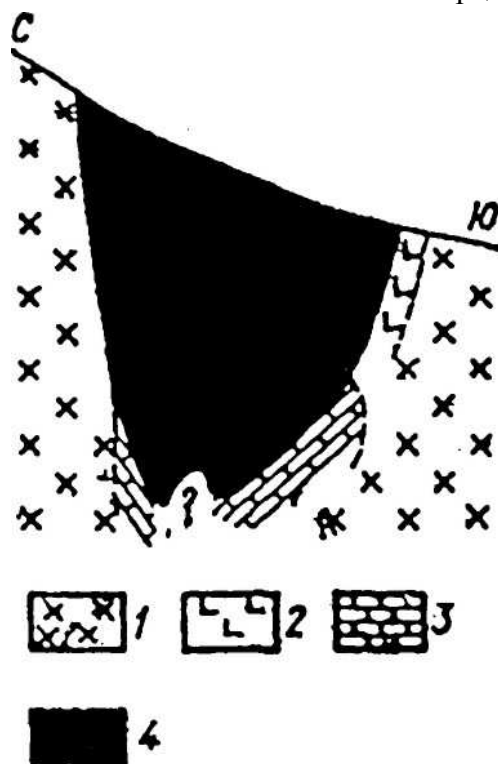
Во-первых, в магме ультраосновного, основного щелочного состава может произойти ликвация, т.е. отделение рудного расплава от силикатного в жидкой стадии еще до начала кристаллизации. Капельки обособившегося сульфидного расплава постепенно объединяются, концентрируются в разных частях (главным образом в придонных) формирующегося массива пород и образуют месторождения ценных металлов. Такие месторождения называются ликвационными, они характерны для медно-никелевых с кобальтом, платиной и другими элементами руд.

Во-вторых, в силикатной магме некоторые металлы (хром, платина, титан и др.) могут входить в состав минералов, кристаллизующихся при высоких температурах и обособляющихся в виде твердой фазы в еще не застывшем расплаве раньше всех. Опускаясь под действием силы тяжести вниз, эти минералы скапливаются и образуют рудные залежи. В зависимости от скорости остывания и кристаллизации всего магматического очага, рудные минералы могут оказаться расположенными на разных уровнях возникшего массива, часто образуя в породах зоны, обогащенные ценными минералами по сравнению со средним их содержанием в массиве. Иногда обогащение оказывается значительным, и такая порода может рассматриваться как промышленно-ценная руда. Так возникают *раннемагматические* месторождения, примерами которых являются месторождения хромита, платины и металлов её группы в ультраосновных породах и редкоземельных минералов в щелочных породах.

В-третьих, в магмах, обогащенных летучими веществами, силикатные минералы кристаллизуются раньше рудных. В этом случае возникает своеобразный остаточный рудный расплав, который под влиянием

утворюються пізньомагматичні родовища хроміту і платини в ультраосновних породах, титаномагнетиту (іноді з ванадієм) в основних породах, апатит-магнетитових і апатит-нефелінових руд, а також графіту в лужних породах (мал.2.2).

тектонических движений заполняет трещины в уже раскристаллизовавшейся и затвердевшей породе. Так образуются позднемагматические месторождения хромита и платины в ультраосновных породах, титаномагнетита (иногда с ванадием) в основных породах, апатит-магнетитовых и апатит-нефелиновых руд, а также графита в щелочных породах (рис.2.2).



Мал. 2.2. Ботогольське родовище графіту (по М.І. Орешкіну):

1 - нефеліновий сієніт; 2 - піроксен-нефелінова порода; 3- кальцифіри; 4 - графітова руда.

Рис. 2.2. Ботогольское месторождение графита (по Н.И.Орешкину):

1 – нефелиновый сиенит; 2 – пироксен-нефелиновая порода; 3- кальцифиры; 4 – графитовая руда.

Магматичні родовища виникають при температурах  $1500^{\circ}-700^{\circ}\text{C}$  і навіть менше. При цьому ранньомагматичні і ліквацийні родовища утворюються при більше високих температурах цього інтервалу в порівнянні з пізньомагматичними родовищами. Зовнішній тиск, що супроводжує утворення магматичних родовищ, може бути різним. Для ранньомагматичних родовищ алмаїзв, наприклад, воно повинні відповідати полю стійкості алмазу і піропу (близько  $50 \cdot 10^8 \text{Па}$ ), однак утворення мідно-нікелевих руд Нориль-

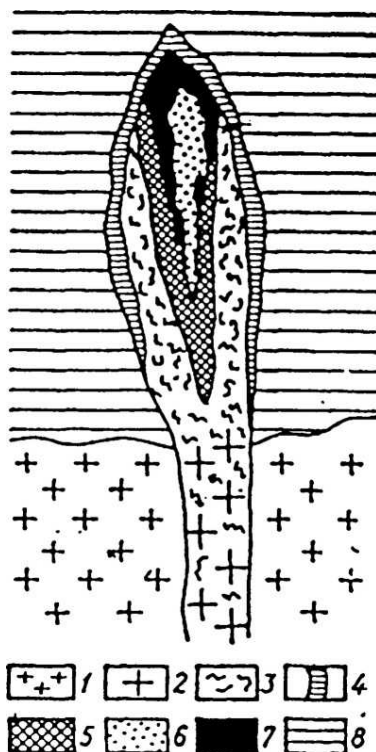
Магматические месторождения возникают при температурах  $1500^{\circ}-700^{\circ}\text{C}$  и даже меньше. При этом раннемагматические и ликвационные месторождения образуются при более высоких температурах этого интервала по сравнению с позднемагматическими месторождениями. Внешнее давление, сопровождающее образование магматических месторождений, может быть различным. Для раннемагматических месторождений алмазов, например, оно должно соответствовать полю устойчивости алмаза и пироба (около  $50 \cdot 10^8 \text{Па}$ ), однако образо-

ська відбувалося при значно меншому тиску (до  $0,5-1 \cdot 10^8$  Па). Магматичні родовища різних корисних копалин відомі в Росії, ПАР, Канаді, США, Швеції, КНР й інших країнах.

*Пегматитові родовища* утворюються, коли в глибинних умовах від магми, особливо багаті летучими компонентами, відокремлюються порції залишкового силікатного розплаву-розчину, що впроваджуються по тріщинах у породи. При цьому виникає своєрідна порода – пегматит, що характеризується великими кристалами породоутворюючих мінералів (польових шпатів, слюди, кварцу) і присутністю рідкіснометальних і рідкісноземельних мінералів. Пегматити часто мають зональну будову (мал.2.3).

ванде медно-нікелевих руд Норильська походило при значительно меньшем давлении (до  $0,5-1 \cdot 10^8$  Па). Магматические месторождения различных полезных ископаемых известны в России, ЮАР, Канаде, США, Швеции, КНР и других странах.

Пегматитовые месторождения образуются, когда в глубинных условиях от магмы, особенно богатой летучими компонентами, отделяются порции остаточного силикатного расплава-раствора, внедряющиеся по трещинам во вмещающие породы. При этом возникает своеобразная порода – пегматит, которая характеризуется крупными кристаллами породообразующих минералов (полевых шпатов, слюды, кварца) и присутствием редкометальных и редкоземельных минералов. Пегматиты часто имеют зональное строение (рис.2.3).



Мал. 2.3. Пегматитове тіло і його зональність (по К.А.Власову):

1 - дрібнозернистий граніт; 2 - грубозернистий пегматоїдний граніт; 3 - пегматит письмової структури; 4 - кварц-мусковіт-польовошпатована зона; 5 - мікроклінова зона; 6 - кварцева зона; 7 - рідкометально-слюдиста зона; 8 – вміщуючі породи.

Рис. 2.3. Пегматитовое тело и его зональность (по К.А.Власову):

1 – мелкозернистый гранит; 2 – крупнозернистый пегматоидный гранит; 3 – пегматит с письменной структурой; 4 – кварц-мусковит-полевошпатовая зона; 5 – микроклиновья зона; 6 – кварцевая зона; 7 – редкометально-слюдистая зона; 8 – вмещающие породы.

Пегматити відомі для кожної групи магматичних порід. Існують гранітні, сієнітові, нефелін-сієнітові, діоритові, габрові, перидотитові пегматити. Однак найбільшим поширенням користуються гранітні пегматити, що мають велике практичне значення. Умови утворення пегматитів трактуються по-різному, і на даний час проблема пегматитоутворення є однією з найбільш дискусійних. О.Є. Ферсман вважав, що в будь-якій магмі при остиганні утвориться пересичений газоподібними летучими компонентами залишковий розплав. Такий залишковий розплав дуже рухливий і завдяки вмісту летучих речовин утримується в розплавленому стані при температурах нижчих від звичайної кристалізації речовин, що містяться в ньому. Кристалізація цього рухливого залишкового розплаву відбувається в умовах, коли зовнішній тиск вище залягаючих порід більший від внутрішньомагматичного тиску газоподібних речовин залишкового розплаву. Цей розплав як правило заповнює тріщини у верхніх крайових частинах материнських інтрузій, проникаючи іноді в прилягаючі до магматичних масивів породи, і утворює пегматит.

О.Н. Заварицький заперечував існування залишкової пегматитоутворювальної магми. Він вважав, що звичайна магма, кристалізуючись у замкнутій невеликій порожнині, у міру охолодження розділяється на тверду, рідку і газоподібну фази. Частина летучих речовин іде в зовнішній простір і між речовинами, що залишаються в різних фазах, порушується фізико-хімічна рівновага. Вони вступають у взаємодію, кінцевим результатом якого є виникнення пегматитів із усією різноманітністю їхнього мінералогічного складу. В.Д. Нікі-

Пегматиты известны для каждой группы магматических пород. Существуют гранитные, сиенитовые, нефелин-сиенитовые, диоритовые, габбровые, перидотитовые пегматиты. Однако наибольшим распространением пользуются гранитные пегматиты, имеющие большое практическое значение. Условия образования пегматитов трактуются по-разному, и в настоящее время проблема пегматитообразования является одной из наиболее дискуссионных. А.Е.Ферсман считал, что в любой магме при остывании образуется пересыщенный газообразными летучими компонентами остаточный расплав. Такой остаточный расплав весьма подвижен и благодаря содержанию летучих веществ удерживается в расплавленном состоянии при температурах ниже обычной кристаллизации содержащихся в нем веществ. Кристаллизация этого подвижного остаточного расплава происходит в условиях, когда внешнее давление вышележащих пород больше внутриматматического давления газообразных веществ остаточного расплава. Этот расплав обычно заполняет трещины в верхних краевых частях материнских интрузий, проникая иногда в прилегающие к магматическим массивам породы, и образует пегматит.

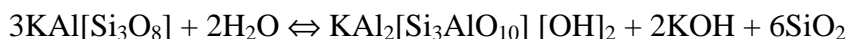
А.Н.Заварицкий отрицал существование остаточной пегматитообразующей магмы. Он считал, что обычная магма, кристаллизуясь в замкнутой небольшой полости, по мере охлаждения разделяется на твердую, жидкую и газообразную фазы. Часть летучих веществ уходит во внешнее пространство и между остающимися в разных фазах веществами нарушается физико-химическое равновесие. Они вступают во взаимодействие, конечным результатом которого является возникновение пегматитов со всем разнообразием их минералогического состава.



тін й інші дослідники, розвиваючи погляди О.Н. Заварицького, припускають утворення пегматитів внаслідок перекристалізації раніше виниклих жильних магматичних порід (наприклад, аплітів) під впливом прониклих сюди рідкісних і газоподібних речовин, що виділилися з магми в наступні етапи.

На думку американських учених (Р. Джонс, Е. Камерон та ін.), пегматити утворюються комбінованим шляхом, тобто за участю магматичних і пневматоліто-гідротермальних процесів. Спочатку відбувається утворення зональних пегматитів простого складу шляхом кристалізації залишкового магматичного розплаву. Потім, на другому етапі, відбувається метасоматична їхня переробка глибинними розчинами. Так утворюються складні поза складом і будовою пегматитові тіла.

У древніх докембрійських породах пегматити формуються на думку деяких вчених (Г. Рамберг, Ю. Соколов та ін.), внаслідок процесів регіонального метаморфізму й ультраметаморфізму порід і перетворення при цьому мінералів на регресивному етапі. Наприклад, гідроліз польового шпату призводить до утворення мусковіту за схемою:



Так виникли великі родовища мусковіту в Східному Сибіру (Мамсько-Чуйський район), у Карелії та інших місцях. При цих процесах можуть формуватися зони альбітизації і рідкіснометальної мінералізації у пегматитах.

З пегматитами, головним чином гранітними і частково пегматитами лужних порід, зв'язане нагромадження цінних рідкісних елементів (берилію, літію, ніобію, танталу, цирконію), радіоактивних (урану,

В.Д.Никитин и другие исследователи, развивая взгляды А.Н.Заварицкого, предполагают образование пегматитов вследствие перекристаллизации ранее возникших жильных магматических пород (например, аплитов) под влиянием проникших сюда жидких и газообразных веществ, выделившихся из магмы в последующие этапы.

По мнению американских ученых (Р.Джонс, Е.Камерон и др.) пегматиты образуются комбинированным путем, т.е. с участием магматических и пневматолито-гидротермальных процессов. В начале происходит образование зональных пегматитов простого состава путем кристаллизации остаточного магматического расплава. Затем, на втором этапе происходит метасоматическая их переработка глубинными растворами. Так образуются сложные по составу и строению пегматитовые тела.

В древних докембрійських породах пегматити формуються по мнению некоторых ученых (Г.Рамберг, Ю.Соколов и др.) в результате процессов регионального метаморфизма и ультраметаморфизма пород и преобразования при этом минералов на регрессивном этапе. Например, гидролиз полевого шпата приводит к образованию мусковита по схеме:

Так виникли крупні родовища мусковіта в Східній Сибірі (Мамсько-Чуйський район), в Карелії та інших місцях. При цих процесах можуть формуватися зони альбітизації і рідкіснометальної мінералізації в пегматитах.

З пегматитами, головним чином гранітними і частково пегматитами щелочних порід, зв'язане накоплення цінних рідкісних елементів (берилія, літія, ніобія, тантала, цирконія), радіоактивних (урана,

торію) і рідкісноземельних (лантану, церію та інших) нерідко у промислових кількостях. В окремих випадках у пегматитах виникають великі відокремлення слюд (мусковіту і флогопіту), що утворюють родовища цих корисних копалин. При визначених співвідношеннях породоутворюючих мінералів (польові шпати і кварц), пегматити використовують як керамічну сировину. З деяких видів пегматитів добувають корунд, дорогоцінні (смарагд, топаз, аквамарин та ін.), а також виробні камені. Слід зазначити, що кристали різних мінералів у пегматитах мають унікальну величину. Наприклад, кристали димчастого кварцу (моріону) у пегматитах України іноді бувають більше 2м у довжину; сподумену до 10-14м і берилу до 5,5м (США). Пластини мусковіту досягають 5м<sup>2</sup> (Сибір), а кристали мікрокліну можуть мати розміри 10х10м (Норвегія). Форма пегматитових тіл дуже різноманітна, поряд з тонкими жилками вони утворюють жили і жильні тіла неправильної форми потужністю в десятки і сотні метрів і довжиною від перших метрів до п'яти кілометрів (Заїр). По падінню пегматитові жили Південного Тянь-Шаню простежені на 700м.

Процеси пегматитоутворення відбуваються за даними А.Є. Ферсмана, при температурах від 800-700° до 500-400°С. Формування пегматитів відбувається як правило на глибинах від 6-7км до 2-4км від поверхні Землі, при цьому оптимальним тиском при масовому утворенні пегматитів вважається тиск 1-2·10<sup>8</sup>Па. Пегматитові родовища зустрічаються в Україні, Росії, США, Канаді, Бразилії, КНР й інших країнах.

*Карбонатитові родовища* корисних копалин виділяються в самостійну групу магматогенного генезису. Карбонатитами

тория) и редкоземельных (лантана, церия и других) нередко в промышленных количествах. В отдельных случаях в пегматитах возникают крупные обособления слюд (мусковита и флогопита), образующие месторождения этих полезных ископаемых. При определенных соотношениях породообразующих минералов (полевые шпаты и кварц), пегматиты используются в качестве керамического сырья. Из некоторых видов пегматитов добываются корунд, драгоценные (изумруд, топаз, аквамарин и др.), а также поделочные камни. Следует отметить, что кристаллы различных минералов в пегматитах имеют уникальную величину. Например, кристаллы дымчатого кварца (мориона) в пегматитах Украины иногда бывают более 2м в длину; сподумена до 10-14м и берилла до 5,5м (США). Пластини мусковита достигают 5м<sup>2</sup> (Сибирь), а кристаллы микроклина могут иметь размеры 10х10м (Норвегия). Форма пегматитовых тел очень разнообразна, наряду с тонкими жилками они образуют жилы и жильные тела неправильной формы мощностью в десятки и сотни метров и длиной от первых метров до пяти километров (Заир). По падению пегматитовые жилы Южного Тянь-Шаня прослежены на 700м.

Процессы пегматитообразования происходят по данным А.Е.Ферсмана при температурах от 800-700°С до 500-400°С. Формирование пегматитов происходит обычно на глубинах от 6-7км до 2-4км от поверхности Земли, при этом оптимальном давлении при массовом образовании пегматитов считается давление 1-2·10<sup>8</sup>Па. Пегматитовые месторождения встречаются в Украине, России, США, Канаде, Бразилии, КНР и других странах.

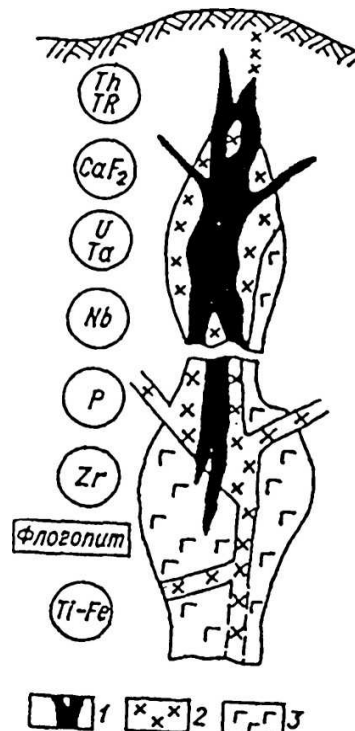
*Карбонатитовые месторождения* полезных ископаемых выделяются в самостоятельную группу магматогенного генезиса.

називають ендегенні скупчення кальциту, доломіту та інших карбонатів, в яких зустрічаються промислові поклади руд рідкісних металів (ніобію, танталу, цирконію, торію) і рідкісних земель, а також апатиту, магнетиту, флогопіту і вермикуліту. Карбонатити просторово і генетично тісно пов'язані масивами ультраосновних-лужних порід. Більшість таких масивів з карбонатитами представлено субвулканічними інтрузіями складної зонально-кільцевої будови, сформованими в кілька стадій. У початковій стадії відбувається впровадження базальтоїдної магми, що дає початок ультраосновним і основним породам, а в кінцевій – лужним. Під впливом цієї лужної магми, її пегматитових відщеплень і газово-рідкісних еманцій у раніше виниклих ультраосновних і основних породах (олівінітах, піроксенітах та ін.) утворюються карбонатити, що залягають у вигляді штоків, розміром до кількох сотень метрів у поперечнику, або кільцевих і радіальних даек. Варто зазначити, що деякі вчені розглядають карбонатити як породи, що сформувалися внаслідок охолодження і кристалізації, у верхніх горизонтах земної кори, специфічного магматичного карбонатитового розплаву. На користь цих уявлень свідчать сучасні виверження карбонатитових лав вулканами Замбії й Уганди в Африці. Безсумнівно, утворення карбонатитів представляє собою складний і тривалий геологічний процес пов'язаний з еволюцією специфічного магматичного розплаву залежно від рівнів підйому і від його диференціації аж до скипання і відділення високотемпературної газово-рідкої фази, що впливає на вміщуючі породи. У зв'язку із цим для карбонатитів і пов'язаного з ними зруденіння характерна вертикальна зональність (мал.2.4). На

Карбонатитами називають ендегенні скоплення кальцита, доломіта і других карбонатів, в которых встречаются промышленные залежи руд редких металлов (ниобия, тантала, циркония, тория) и редких земель, а также апатита, магнетита, флогопита и вермикулита. Карбонатиты пространственно и генетически тесно связаны массивами ультраосновных-щелочных пород. Большинство таких массивов с карбонатитами представлено субвулканическими интрузиями сложного зонально-кольцевого строения, сформированными в несколько стадий. В начальные стадии происходит внедрение базальтоидной магмы, которая дает начало ультраосновным и основным породам, а в конечные – щелочной. Под воздействием этой щелочной магмы, её пегматитовых отщеплений и газово-жидких эманаций в ранее возникших ультраосновных и основных породах (оливинитах, пироксенитах и др.) образуются карбонатиты, которые залегают в виде штоков, размером до нескольких сот метров в поперечнике или кольцевых и радиальных даек. Следует заметить, что некоторые ученые рассматривают карбонатиты как породы, сформировавшиеся в результате охлаждения и кристаллизации внедрившегося в верхние горизонты земной коры, а иногда достигающего и её поверхности специфического магматического карбонатитового расплава. В пользу этих представлений свидетельствуют современные извержения карбонатитовых лав вулканами Замбии и Уганды в Африке. Несомненно, образование карбонатитов представляет собой сложный и длительный геологический процесс связанный с эволюцией специфического магматического расплава в зависимости от уровней подъема и от его дифференциации вплоть до вскипания и отделения высокотемпературной газово-жидкой фазы, воздействовавшей на вмещающие породы. В связи с этим для карбо-

ранніх ступенях утворення карбонатитів температури були близькі до 600-500°C, а до кінця цього процесу вони знижувалися до 350°C і менше. Представляючи собою глибинні вулканогенно-інтрузивні утворення, карбонатитові комплекси формувалися в інтервалі глибин від 5-10км до приповерхневих. На даний час масиви карбонатитів відомі на всіх континентах земної кулі, а їхню загальну кількість перевищує 200. Більш за все їх знаходиться в Африці, Росії, Канаді, Бразилії, інші розташовані в КНР, США, Скандинавії і ФРН. В Україні відомі Чернігівський у Західному Приазов'ї і Проскурівський карбонатитові масиви. Перший з них утворився близько 2мрд. років, має глибину ероїзійного зрізу не менш 10км і містить фосфат-рідкоземельну мінералізацію.

натитов и связанного с ними оруденения характерна вертикальная зональность (рис.2.4). На ранних ступенях образования карбонатитов температуры были близки к 600-500°C, а концу этого процесса они снижались до 350° и менее. Представляя собой глубинные вулканогенно-интрузивные образования, карбонатитовые комплексы формировались в интервале глубин от 5-10км до приповерхностных. В настоящее время массивы карбонатитов известны на всех континентах земного шара, а их общее число превышает 200. Больше всего их находится в Африке, России, Канаде, Бразилии, остальные расположены в КНР, США, Скандинавии и ФРГ. В Украине известны Черниговский в Западном Приазовье и Проскурровский карбонатитовые массивы. Первый из них образовался около 2мрд.лет, имеет глубину эрозионного среза не менее 10км и содержит фосфат-редкоземельную минерализацию.



Мал.2.4. Вертикальна зональність карбонатитів і пов'язаного з ними зруденіння (по О.А.Фролову):

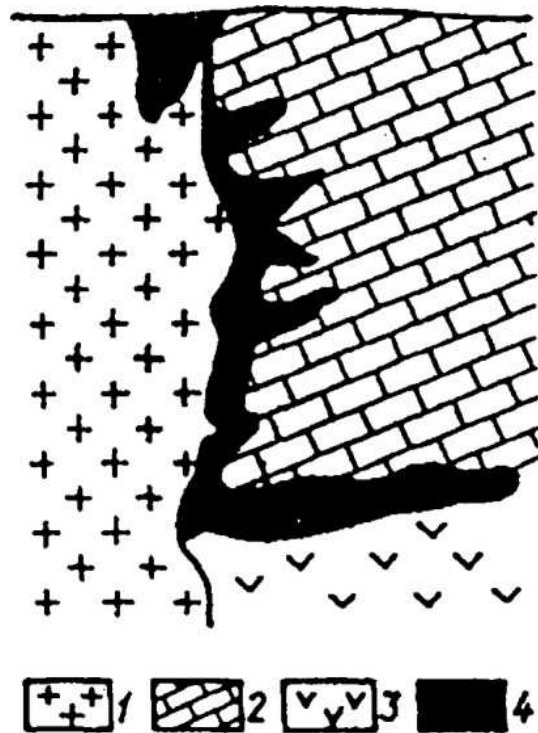
1 - карбонатити; 2 - лужні породи; 3 - ультраосновні породи.

Рис.2.4. Вертикальная зональность карбонатитов и связанного с ними оруденения (по А.А.Фролову):

1 – карбонатиты; 2 – щелочные породы; 3 – ультраосновные породы.

Скарнові родовища відносяться до порід вапняно-силікатного складу, які називають скарнами, що утворюються на контакті магматичних інтрузій і карбонатних (рідше силікатних) геологічних утворень (мал.2.5). Зі скарнами пов'язані родовища заліза, міді, кобальту, вольфраму, молібдену, бора, миш'яку, графіту та інших цінних корисних копалин. Процес зміни і перетворення порід на контакті з інтрузіями називається *контактовим метаморфізмом*. Розрізняють два його види: звичайний або нормальний контактовий метаморфізм і метасоматоз.

Скарновые месторождения приурочены к породам известково-силикатного состава, называемых скарнами, которые образуются на контакте магматических интрузий и карбонатных (реже силикатных) геологических образований (рис.2.5). Со скарнами связаны месторождения железа, меди, кобальта, вольфрама, молибдена, бора, мышьяка, графита и других ценных полезных ископаемых. Процесс изменения и преобразования пород на контакты с интрузиями называется контактовым метаморфизмом. Различают два его вида: обычный или нормальный контактовый метаморфизм и метасоматоз.



Мал. 2.5. Схематичний розріз скарнового покладу:

1 - гранодіорити; 2 - карбонатитові породи; 3 - ефузивні породи і їхні туфи;  
4 - міднорудні скарни.

Рис. 2.5. Схематический разрез скарновой залежи:

1 – гранодиориты; 2 – карбонатитовые породы; 3 – эффузивные породы и их туфы;  
4 – меднорудные скарны.

Перший обумовлений впливом високої температури магматичного розплаву на ті холодні гірські породи, у які він упровадився. Ці породи перекристалізуються, ущільнюються і можуть навіть

Первый обусловлен воздействием высокой температуры магматического расплава на те холодные горные породы, в которые он внедрился. Эти породы перекристаллизуются, уплотняются и могут даже частично пе-

частково переплавитися. Так, з вапняків виникає мрамур, з пісковиків утворюється кварцит, а з глинистих порід формуються роговики. При скарновому процесі виникають лише родовища неметалевих корисних копалин, та й то не завжди.

При метасоматозі магма, що впровадилася, змінює вміщуючі породи не тільки своїм теплом, але й газиво-рідкими компонентами, що містяться в ній. Ці компоненти (вода в газоподібному і рідкому стані, різні летучі речовини, елементи металів, кремнезем та ін.) проникають з магми в навколишні породи і вступають з ними в хімічні реакції. Внаслідок таких обмінних реакцій відбувається майже повне заміщення приконтаркових зон вміщуючих порід. Виникають нові мінеральні агрегати, в яких переважають силікати кальцію, особливо піроксени й амфіболи, різні гранати, кальцит. Можуть виникнути такі мінерали, як магнетит, гематит, пірит, халькопірит, молибденіт, сфалерит, галеніт, флюорит та ін. Найбільш активно реагують з газиво-рідкими компонентами магми вапняки та інші карбонатні породи, у яких утворюються гніздоподібні, лінзоподібні і пластоподібні рудні тіла неправильної форми. Рудоносні скарни формуються переважно під впливом магматичних інтрузій, що дають початок породам середнього складу – гранодіориту, кварцовим діоритам. Рідше родовища корисних копалин виникають на контактах з кислими інтрузіями і ще рідше – основними. У контактових зонах ультраосновних порід рудні родовища відсутні. Температури, при яких відбуваються процеси скарноутворення, коливаються від 800° до 1000°C. Найбільш типові скарнові родовища утворюються на глибині 1000-2500м, де тиск досягає 0,3-0,7·10<sup>8</sup>Па. Скарнові родовища відомі

реплавиться. Так из известняков возникает мрамор, из песчаников образуется кварцит, а из глинистых пород формируются роговики. При этом скарномом процессе возникают лишь месторождения неметаллических полезных ископаемых, да и то не всегда.

При метасоматозе внедряющаяся магма изменяет вмещающие породы не только своим теплом, но и содержащимися в ней газиво-жидкими компонентами. Эти компоненты (вода в газообразном и жидком состоянии, различные летучие вещества и элементы металлов, кремнезем и др.) проникают из магмы в окружающие породы и вступают с ними в химические реакции. В результате таких обменных реакций происходит почти полное замещение приконтарковых зон вмещающих пород. Возникают новые минеральные агрегаты, в которых преобладают силикаты кальция, особенно пироксени и амфиболы, различные гранаты, кальцит. Могут возникнуть такие минералы, как магнетит, гематит, пирит, халькопирит, молибденит, сфалерит, галенит, флюорит и другие. Наиболее активно реагируют с газиво-жидкими компонентами магмы известняки и другие карбонатные породы, в которых образуются гнездообразные, линзовидные и пластообразные рудные тела неправильной формы. Рудоносные скарни формируются преимущественно под влиянием магматических интрузий, дающих начало породам среднего состава – гранодиорита, кварцевым диоритам. Реже месторождения полезных ископаемых возникают на контактах с кислыми интрузиями и еще реже – основными. В контактовых зонах ультраосновных пород рудные месторождения отсутствуют. Температуры, при которых происходят процессы скарнообразования колеблются от 800° до 1000°C. Наиболее типичны скарновые месторождения образуются на глубине 1000-2500м, где давление достигает 0,3-0,7·10<sup>8</sup>Па.

в багатьох районах Росії (Урал, Середня Азія), США, Південній Африці, Канаді, КНР, Югославії і т.п.

*Постмагматичні родовища* за різноманітністю корисних копалин і кількістю зосереджених у них запасів сировини, особливо кольорових, рідкісних і благородних металів, представляють великий промисловий інтерес. Формування цих родовищ є кінцевим результатом різноманітних, іноді переривчастих і повторюваних процесів взаємодії мінералізованих гарячих газо-водяних розчинів, що виділилися з магми чи винесених з підкорових частин Землі, з розчинами, що заповнюють пори порід чи циркулюючим по них, а також з компонентами самих порід. У ході цього процесу відбувається постійний обмін речовини: одні випадають у вигляді важкорозчинних у даних умовах з'єднань, інші, навпаки, утворюють розчинні, легкокорухомі сполуки і перенесенняються в інші ділянки. Утворення, що скупчуються при цьому в сприятливих структурних і геохімічних умовах, можуть мати з магмою лише дуже віддалене і непряме споріднення. З розвитком експериментальних досліджень вченим вдалось змодельювати утворення різних родовищ цієї групи. На даний час вважається, що рудоутворюючі розчини можуть бути не тільки магматогенно-ювенільними, але і метаморфогенними, а також похованими осадовими чи метеорними глибокої циркуляції.

Утворення постмагматичних родовищ відбувається на глибинах від 5-7 км і менш при температурах від 500 до 500°C як шляхом метасоматозу, так і заповненням порожнеч і тріщин. Залежно від домінуючої ролі газової чи водно-рідкої фази рудоутворюючих розчинів постмагматичні родовища поділяються на пневма-

Скарновіє месторождения известны во многих районах России (Урал, Средняя Азия), США, Ю.Африке, Канаде, КНР, Югославии и других местах.

*Постмагматические месторождения* по разнообразию полезных ископаемых и количеству сосредоточенных в них запасов сырья, особенно цветных, редких и благородных металлов, представляют большой промышленный интерес. Формирование этих месторождений является конечным результатом многообразных, иногда прерывистых и повторяющихся процессов взаимодействия минерализованных горячих газо-водяных растворов, выделившихся из магмы или вынесенных из подкоровых частей Земли, с растворами, заполняющими поры пород или циркулирующим по ним, а также с компонентами самих пород. В ходе этого процесса происходит постоянный обмен вещества: одни выпадают в виде труднорастворимых в данных условиях соединений, другие, наоборот, образуют растворимые, легкоподвижные соединения и переносятся в другие участки. Скапливающиеся при этом в благоприятных структурных геохимических условиях образования могут иметь с магмой лишь весьма отдаленные и не прямое родство. С развитием экспериментальных исследований ученым удастся промоделировать образование различных месторождений этой группы. В настоящее время считается, что рудообразующие растворы могут быть не только магматогенно-ювенильными, но и метаморфогенными, а также захороненными осадочными или метеорными глубокой циркуляции.

Образование постмагматических месторождений происходит на глубинах от 5-7 км и менее при температурах от 500 до 500°C как путем метасоматоза, так и заповнення пустот и трещин. В зависимости от доминирующей роли газовой или водно-жидкой фазы рудо-

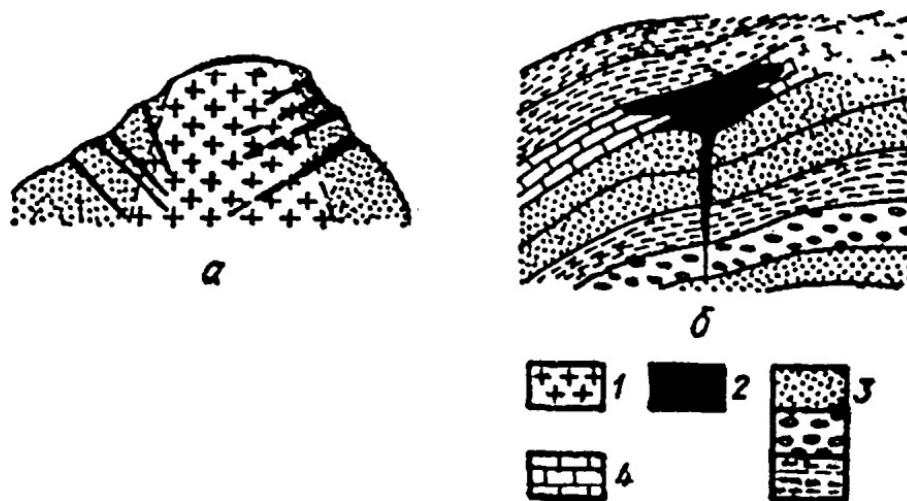
толітові і гідротермальні. В особливу групу, крім цього, В.І.Смирнов пропонує виділити колчеданні родовища.

Процес формування постмагматичних родовищ має, як зазначалося, багато-стадійний характер. У зв'язку з цим в умовах високих надкритичних температур у початковій стадії мінералоутворення відбувається при активній ролі газових розчинів. Однак у міру зниження температури магми, що кристалізується, відбувається конденсація парів, і головну роль починають відігравати водяні розчини. Гідротермальне мінералоутворення накладається на пневматолітове. Внаслідок такого накладення важко виділити власне пневматолітові родовища. У сучасній генетичній класифікації така група відсутня, хоча чимало родовищ сформувалося у надкритичних чи близьких до них умовах. Такі, наприклад, альбітитові і грейзенові родовища. У деяких родовищах спостерігаються парагенезиси мінералів пневматолітової стадії (турмалін та ін.) і типово гідротермальних (кварц, сульфід міді та ін.). Такі родовища як правило відносять також до пневматолітових, хоча нерідко в літературі їх вважають гідротермальними, що утворилися при високій температурі, але при низькому тиску в близькоповерхневій зоні. Ці родовища як правило пов'язані з кислою чи лужною гранітною магмою і розміщуються як серед самих інтрузивних порід, так і поблизу їх серед інших геологічних утворень (мал.2.6).

образующих растворов постмагматические месторождения делятся на пневматолитовые и гидротермальные. В особую группу, кроме этого, В.И.Смирнов предлагает выделить колчеданные месторождения.

Процесс формирования постмагматических месторождений имеет, как указывалось, многостадийный характер. В связи с этим в условиях высоких надкритических температур в начальные стадии минералообразования происходит при активной роли газовых растворов. Однако по мере снижения температуры кристаллизирующейся магмы, происходит конденсация паров, и главную роль начинают играть водные растворы. Гидротермальное минералообразование накладывается на пневматолитовое. Вследствие такого наложения трудно выделить собственно пневматолитовые месторождения. В современной генетической классификации такая группа отсутствует, хотя немало месторождений сформировалось в сверхкритических или близких к ним условиях. Таковы, например, альбититовые и грейзеновые месторождения. В некоторых месторождениях наблюдаются парагенезисы минералов пневматолитовой стадии (турмалин и др.) и типично гидротермальных (кварц, сульфиды меди и др.). Такие месторождения обычно относят также к пневматолитовым, хотя нередко в литературе их считают гидротермальными, образовавшимися при высокой температуре, но при низком давлении в близповерхностной зоне. Эти месторождения обычно связаны с кислой или щелочной гранитной магмой и размещаются как среди самых интрузивных пород, так и вблизи них среди других геологических образований (рис.2.6).





Мал. 2.6. Рудні тіла грейзенових (а) і гідротермальних (б) родовищ: а-грейзенові жили, пов'язані з гранітоїдами; б-метасоматичний рудний поклад, в пласті вапняка; 1 - граніт; 2 - рудне тіло; 3 - теригенні породи; 4 - вапняки.

Рис. 2.6. Рудные тела грейзеновых (а) и гидротермальных (б) месторождений: а-грейзеновые жилы, связанные с гранитоидами; б-метасоматическая рудная залежь, приуроченная к пласту известняка; 1 – гранит; 2 – рудное тело; 3 – терригенные породы; 4 – известняки.

*Грейзенові родовища*, що містять руди олова, вольфраму, молібдену, берилію, танталу, ніобію та інших металів, є найбільше глибинними утвореннями цієї групи. *Грейзеном* називається світла кварцово-слюдиста порода, що утворилася внаслідок метасоматичних змін гранітних порід під впливом газопо-рідких розчинів магми. Цей термін застосовувався стародавніми німецькими рудокопами і відомий у літературі з часів А.Вернера (XVIIIст.). Формування грейзенів відбувається протягом декількох стадій. Спочатку під впливом летучих газоподібних компонентів розкладається польовий шпат гранітоїдів, що перетворюється в кварцево-мусковітовий агрегат. Потім відбувається відкладення рудних і їм супутніх мінералів у середовищі, насиченому газами-мінералізаторами при певній участі високотемпературних розчинів. Так виникають у грейзенізованій породі зерна каситериту (такий грейзен називається цвितтер), відкладаються вольфрамит, шееліт, молібденіт, берил, флюорит, топаз, турмалін та інші мінера-

*Грейзеновые месторождения*, содержащие руды олова, вольфрама, молибдена, бериллия, тантала, ниобия и других металлов являются наиболее глубинными образованиями этой группы. Грейзеном называется светлая кварцево-слюдистая порода, образовавшаяся в результате метасоматических изменений гранитных пород под влиянием газопо-жидких растворов магмы. Этот термин применялся старинными немецкими рудокопами и известен в литературе со времен А.Вернера (XVIIIв.). Формирование грейзенов происходит в течение нескольких стадий. В начале под влиянием летучих газопо-образных компонентов разлагается полевой шпат гранитоидов, который превращается в кварцево-мусковитовый агрегат. Затем происходит отложение рудных и им сопутствующих минералов в среде, насыщенной газами-минерализаторами при некотором участии высокотемпературных растворов. Так возникают в грейзенизированной породе зерна касситерита (такой грейзен называется цвиттер), отлагаются вольфрамит, шеелит, молибденит, берилл, флюорит, топаз, турмалин и другие мине-

ли. Промислові родовища цієї групи відомі в Росії, Казахстані, Чехії, Німеччині, Нігерії та інших країнах.

*Альбітитові* постмагматичні родовища, як і грейзенові, формуються внаслідок постмагматичного метасоматозу, тобто заміщення одних мінералів іншими у верхніх, апікальних частинах масивів кислих і лужних гіпабісальних магматичних порід. Внаслідок метасоматозу за участю натрію апікальні частини куполів магматичних порід альбітизуються, а надлишок калію виноситься і накопичується в грейзенах. При цьому відбувається запозичення металевих елементів-домішок з рудоносних магматичних порід і перевідкладення частини їх в альбітах, а іншої частини - в грейзенах. Найбільше характерними чи типоморфними металами альбітитів є цирконій, ніобій, уран і торій, тоді як у грейзенах концентруються олово, вольфрам, берилій і літій. Кількісна сторона такого перегрупування типоморфних металів в альбітах і грейзенах показана в таблиці 2.3. Процес виникнення альбітитів і грейзенів не завжди призводить до їх одночасного і спільного утворення. У природі частіше зустрічаються грейзенові родовища без альбітитів і альбітитові родовища без грейзенів. Серед альбітитових родовищ відомі докебрийські в Україні (Криворізький басейн, Приазов'я), кімерійські в Забайкаллі (Росія), КНР та інші.

*Гідротермальні родовища* за різноманітністю корисних копалин і геологічними умовами формування складають найбільше велику групу. Серед них відомі родовища кольорових, рідкісних, благородних, розсіяних і радіоактивних металів, неметалеві корисні копалини, що мають важливе промислове значення. За геологічними умовами формування гід-

ралы. Промышленные месторождения этой группы известны в России, Казахстане, Чехии, ФРГ, Нигерии и других странах.

*Альбититовые* постмагматические месторождения, как и грейзеновые, формируются в результате постмагматического метасоматоза, т.е. замещения одних минералов другими в верхних, апикальных частях массивов кислых и щелочных гипабиссальных магматических пород. Вследствие метасоматоза с участием натрия апикальные части куполов магматических пород альбитизируются, а избыток калия выносится и накапливается в грейзенах. При этом происходит заимствование металлических элементов-примесей из рудоносных магматических пород и переотложение части их в альбитах, а другой части в грейзенах. Наиболее характерными или типоморфными металлами альбититов являются цирконий, ниобий, уран и торий, тогда как в грейзенах концентрируются олово, вольфрам, бериллий и литий. Количественная сторона такой перегруппировки типоморфных металлов в альбитах и грейзенах показана в таблице 2.3. Процесс возникновения альбититов и грейзенов не всегда приводит к их одновременному и совместному образованию. В природе чаще встречаются грейзеновые месторождения без альбититов и альбититовые месторождения без грейзенов. Среди альбититовых месторождений известны докебрийские в Украине (Криворожский бассейн, Приазовье), киммерийские в Забайкалье (Россия), КНР и другие.

*Гидротермальные месторождения* по разнообразию полезных ископаемых и геологическим условиям формирования составляют наиболее обширную группу. Среди них известны месторождения цветных, редких, благородных, рассеянных и радиоактивных металлов, многие виды неметаллических полезных ископаемых, имеющих важное промышленное значение. По геологическим ус-

ротермальні родовища підрозділяються на плутоногенні, вулканогенні і телетермальні. Слід зазначити, що ряд учених, наприклад П.М. Татаринов й І.Г. Магак'ян, класифікують гідротермальні родовища за глибинністю і температурою утворення, виділяючи дві великі групи:

- 1) родовища значних і помірних глибин (7-1,5 км);
- 2) родовища малих глибин і приповерхневі (1,5-0 км).

Усередині цих груп розподіл проводиться на високо- (більше 300°), середньо- (300-200°) і низькотемпературні (200-50°) утворення.

*Плутоногенні* гідротермальні родовища пов'язані з кислими, помірковано кислими і помірковано лужними породами, як правило, пізньої стадії геосинклінального розвитку регіону чи областей активізації платформ. Вони формувалися, як правило, на глибині до 5-7 км. Температура утворення мінералів змінювалася від 500°С на початку процесу до 100-50°С наприкінці. За мінеральним складом ці родовища дуже різноманітні. Тектурно-структурні характеристики руд свідчать про багатостадійність процесу, що протікав. Як правило на початку процесу виділялися кварц, гематит, каситерит, вольфрамит, у середніх стадіях відбувалося виділення сульфідів, а в пізніх - карбонатів. Родовища цього класу, як зазначено, формуються в різних умовах і на різному видаленні від інтрузивів і, як наслідок, відрізняються за мінеральним складом. Тому наведені характеристики варто розглядати як деяку усереднену схему (мал.2.6).

*Вулканогенні* гідротермальні родовища пов'язані головним чином з вулканізмом кінцевого етапу розвитку геосинкліналей чи з лужними та траповими магматични-

ловиям формування гідротермальніе месторождения подразделяются на плутоногенные, вулканогенные и телетермальные. Следует отметить, что ряд ученых, например П.М.Татаринов и И.Г. Магакьян, классифицируют гидротермальные месторождения по глубинности и температуре образования, выделяя две большие группы:

- 1)месторождения значительных и умеренных глубин (7-1,5 км);
- 2)месторождения малых глубин и приповерхностные (1,5-0 км).

Внутри этих групп деление проводится на высоко- (более 300°), средне- (300-200°) и низкотемпературные (200-50°) образования.

*Плутоногенные* гидротермальные месторождения связаны с кислыми, умеренно кислыми и умеренно щелочными породами, как правило, поздней стадии геосинклинального развития региона или областей активизации платформ. Они формировались обычно на глубине до 5-7км. Температура образования минералов изменялась от 500°С в начале процесса до 100-50°С в конце. По минеральному составу эти месторождения весьма разнообразны. Тектурно-структурные характеристики руд свидетельствуют о многостадийности протекавшего процесса. Обычно в начале процесса выделялись кварц, гематит, касситерит, вольфрамит, в средних стадиях происходило выделение сульфидов, а в поздних - карбонатов. Относимые к этому классу месторождения, как указано, формируются в разных условиях и на разном удалении от интрузивов и, как следствие, отличаются по минеральному составу. Поэтому приведенные характеристики следует рассматривать как некоторую усредненную схему.

*Вулканогенные* гидротермальные месторождения связаны главным образом с вулканизмом конечного этапа развития геосинклиналей или с щелочными и траповыми маг-

ми утвореннями активізованих платформ. Мінералоутворення відбувається в широкому діапазоні температур. На початку процесу кристалізуються турмалін, каситерит і вольфрамит (родовища Болівії), що відповідає температурі 500°C і вище. Далі температура швидко знижується до 200-100°C. Швидкість процесу обумовлене майже одночасну кристалізацію багатьох рудних і нерудних мінералів у відносно невеликому за глибиною просторі, внаслідок чого виникають складні і своєрідні мінеральні парагенезиси. Рудні тіла мають форму жил, труб і штокверків. Найчастіше вони невеликі за розмірами, швидко виклинюються з глибиною, але зустрічаються групами і нерідко характеризуються багатством руд. До вулканогенних відносяться родовища поліметалевих руд: золото-срібні (Мексика, Перу, Чилі, Болівія, США, Румунія, Україна та ін.), золото-срібні з телуридами (США, Мексика, Японія, Румунія), каситерит-вольфрамит-висмутин-аргентитові (Болівія), халькопірит-турмалинові (Чилі), кіноварні (Італія), алунітові (Азербайджан, Чехія, Угорщина та ін.), флюоритові (Росія, КНР).

*Телетермальні* (амагматичні) родовища формуються вдаліні від магматичних тіл, і генетичний зв'язок їх з магматизмом установлюється за непрямими ознаками чи взагалі не встановлюється. Вміщуючі породи (здебільш осадового походження) дуже мало змінені під впливом регіонального метаморфізму. Розміщення рудних тіл контролюється структурами залягання вміщуючих порід, причому виразного зв'язку їх із глибинними розломами не спостерігається. Мінеральний склад руд порівняно простий. Серед геологів немає поки що єдиної точки зору на походження телетермальних родовищ.

магматичними образованиями активизированных платформ. Минералообразование происходит в широком диапазоне температур. В начале процесса кристаллизуются турмалин, касситерит и вольфрамит (месторождения Боливии), что соответствует температуре 500°C и выше. Далее температура быстро снижается до 200-100°C. Скорость процесса обуславливает почти одновременную кристаллизацию многих рудных и нерудных минералов в относительно небольшом по глубине пространстве, в результате чего возникают сложные и своеобразные минеральные парагенезисы. Рудные тела имеют форму жил, труб и штокверков. Чаще всего они небольшие по размерам, быстро выклиниваются с глубиной, но встречаются группами и нередко характеризуются богатством руд. К вулканогенным относятся месторождения полиметаллических руд: золото-серебряные (Мексика, Перу, Чили, Боливия, США, Румыния, Украина и др.), золотосеребряные с теллуридами (США, Мексика, Япония, Румыния), касситерит-вольфрамит-висмутин-аргентитовые (Боливия), халькопирит-турмалиновые (Чили), киноварные (Италия), алунитовые (Азербайджан, Чехия, Венгрия и др.), флюоритовые (Россия, КНР).

*Телетермальні* (амагматическіе) месторождения формуются вдали от магматических тел, и генетическая связь их с магматизмом устанавливается по косвенным признакам или вообще не устанавливается. Вмещающие породы (обычно осадочного происхождения) очень мало изменены под влиянием регионального метаморфизма. Размещение рудных тел контролируется структурами залегания вмещающих пород, причем отчетливой связи их с глубинными разломами не наблюдается. Минеральный состав руд сравнительно прост. Среди геологов нет пока единой точки зрения на происхождение телетермальных месторождений. Многие иссле-

Багато дослідників розглядають їх як первинноосадкові, що зазнали деяких змін у процесі діагенезу чи метаморфізму (В.С. Домарев, В.М. Попов, А. Маухер, П. Рутъє та ін.). Інші пов'язують їхнє утворення з дією хімічно активних вод глибокої циркуляції (А.І. Германов, Ч. Девідсон та ін.). Однак більшість геологів відносять їх до епігенетичних гідротермальних і пов'язують із глибинним магматизмом, що виявляється на значних глибинах. Температури формування телетермальних родовищ не перевищують 250°C. До цього класу відносяться родовища антимоніт-кіноварні, іноді з флюоритом (Україна, Іспанія, Югославія та ін.), борніт-халькопіритові, так звані мідисті пісковики (Україна, Центральна Африка та ін.), свинцево-цинкові (Казахстан, США). Багато з родовищ цього класу мають велике промислове значення.

*Колчеданні родовища* характеризуються різноманітністю форм залягання і текстурно-структурних особливостей руд. Головними рудними мінералами є пірит, борніт, сфалерит, галеніт, серед нерудних характерні кварц, барит, рідше - карбонати. Рудні тіла мають жильні, складно гілчасті, трубо- і пластоподібні форми. Порооди, що вміщують, первинно вулканогенно-осадкові, як правило дуже гідротермально- і динамометаморфізовані. Усі колчеданні родовища розглядаються як продукти вихідних газоводних потоків, що виділяються з глибинних вулканічних вогнищ у морських геосинклінальних басейнах. Частина таких потоків відкладала мінеральні комплекси на шляху їхнього підйому, формуючи субвулканічні гідротермальні родовища; інша частина досягала дна моря, де виникали ексгаляційно-осадкові родовища. Процес цей відбувався винятково в початковій стадії розвитку

дователи рассматривают их как первичноосадочные, претерпевшие некоторые изменения в процессе диагенеза или метаморфизма (В.С.Домарев, В.М.Попов, А.Маухер, П.Рутъє и др.). Другие связывают их образование с действием химически активных вод глубокой циркуляции (А.И.Германов, Ч. Дэвидсон и др.). Однако большинство геологов относят их к эпигенетическим гидротермальным и связывают с глубинным магматизмом, проявляющимся на значительных глубинах. Температуры формирования телетермальных месторождений не превышают 250°C. К этому классу относятся месторождения антимонит-киноварные, иногда с флюоритом (Украина, Испания, Югославия и др.), борнит-халькопиритовые, так называемые медистые песчаники (Украина, Центральная Африка и др.), свинцево-цинковые (Казахстан, США). Многие из месторождений этого класса имеют большое промышленное значение.

*Колчеданні месторождения* характеризуются разнообразием форм залегания и текстурно-структурными особенностями руд. Главными рудными минералами являются пирит, борнит, сфалерит, галенит, среди нерудных характерны кварц, барит, реже карбонаты. Рудные тела имеют жильные, сложно ветвящиеся, трубо- и пластообразные формы. Вмещающие породы, первично вулканогенно-осадочные, обычно сильно гидротермально- и динамометаморфизованы. Все колчеданні месторождения рассматриваются как продукты восходящих газоводных потоков, выделяющихся из глубинных вулканических очагов в морских геосинклинальных бассейнах. Часть таких потоков отлагала минеральные комплексы на пути их подъема, формируя субвулканіческие гидротермальні месторождения; другая часть достигала дна моря, где возникали ексгаляційно-осадочные месторождения. Процесс этот протекал исключительно в начальную стадию развития эвгео-

евгеосинклінальних областей, у зонах нагромадження вулканогенних, вулканогенно-осадових і осадових утворень. Разом з породами, що вміщують, рудні тіла в такі стадії геотектонічного розвитку регіонів були в різній мірі метаморфізовані. До цього класу відносяться мідно-колчеданні родовища Уралу, Північного Кавказу в Росії, деякі родовища Німеччини (Мегген і Раммельсберг), родовища міді в Японії, Ріо-Тінто в Іспанії та ін.

Таким чином, процеси утворення ендеогенних родовищ корисних копалин, указують на велику, часто вирішальну, роль температури та тиску, при яких протікав цей процес. Відомо, що температурні умови і зовнішній літологічний тиск залежать від глибини. Цим і подрозумівається досить чіткий розподіл різних генетичних типів родовищ корисних копалин по глибинних зонах, кожна з яких наклала свій відбиток на геологічні і фізико-хімічні умови утворення руд. Можна виділити три головні глибинні зони формування корисних копалин: абісальну, гіпабісальну і приповерхневу (мал.2.7).

Абісальна зона охоплює інтервал глибин від 3-5 до 10-15км від поверхні. Найбільше типові для цієї зони гранитоїдні інтрузії, з якими пов'язані пегматитові і кварц-грейзенові родовища рідкісних металів.

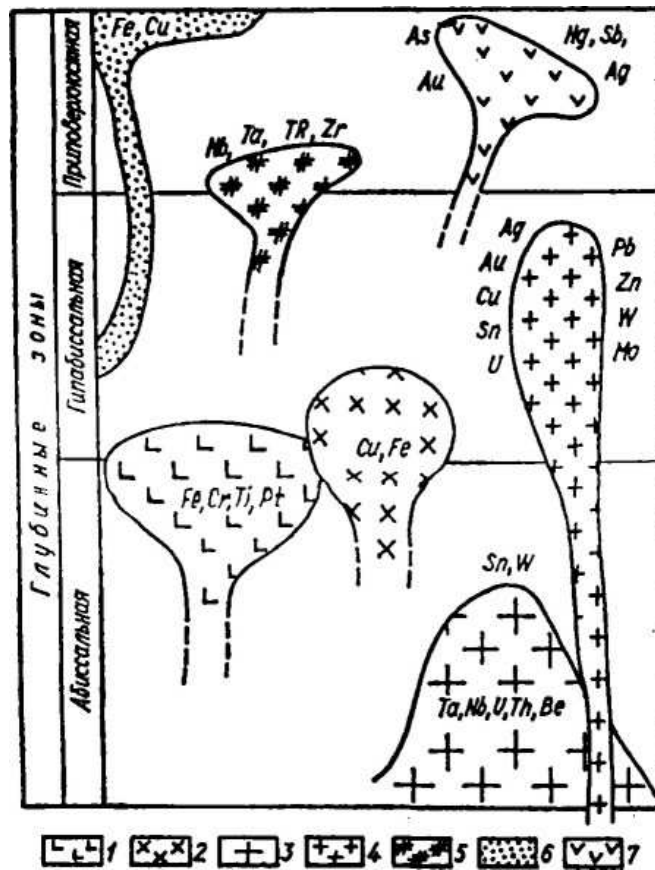
Гіпабісальна зона розташовується приблизно від 1-1,5 до 3-5км до поверхні Землі. Для гіпабісальної зони характерні гранодіорити із супутними скарновими родовищами заліза і міді, а також різноманітним гідротермальним зруденінням. У верхній частині цієї зони зустрічаються також лужні породи з відповідними їм карбонатитовими родовищами.

синклінальних областей, в зонах накоплення вулканогенних, вулканогенно-осадових і осадових образований. Вместе с вмещающими породами рудные тела в последующие стадии геотектонического развития регионов были в разной степени метаморфизованы. К этому классу относятся медно-колчеданные месторождения Урала, Северного Кавказа в России, некоторые месторождения ФРГ (Мегген и Раммельсберг), месторождения меди в Японии, Рио-Тинто в Испании и др.

Таким образом, процессы образования эндогенных месторождений полезных ископаемых, указывают на большую, часть решающую, роль температуры и давления, при которых протекал данный процесс. Известно, что температурные условия и внешнее литологическое давление зависят от глубины. Этим и объясняется достаточно четкое распределение различных генетических типов месторождений полезных ископаемых по глубинным зонам, каждая из которых накладывала свой отпечаток на геологические и физико-химические условия образования руд. Можно выделить три главных глубинных зоны формирования полезных ископаемых: абиссальную, гипабиссальную и приповерхностную (рис.2.7).

Абиссальная зона охватывает интервал глубин от 3-5 до 10-15км от поверхности. Наиболее типичны для этой зоны гранитоидные интрузии, с которыми связаны пегматитовые и кварц-грейзеновые месторождения редких металлов.

Гипабиссальная зона располагается примерно от 1-1,5 до 3-5км до поверхности Земли. Для гипабиссальной зоны характерны гранодiorиты с сопутствующими скарновыми месторождениями железа и меди, а также разнообразным гидротермальным оруденением. В верхней части этой зоны встречаются также щелочные породы с соответствующими им карбонатитовыми месторождениями.



Мал. 2.7. Розміщення магматичних порід і рудних родовищ по глибинних зонах (по В.І.Смирнову):

- 1 - ультраосновні породи з магматичними родовищами; 2 - гранодіорити зі скарновими родовищами; 3 - граніти з пегматитовими і грейзеновими родовищами; 4 - малі інтрузії гранітоїдів із гідротермальними родовищами; 5 - лужні породи з карбонатитами; 6 - ефузивної породи з гідротермальними родовищами; 7 - субвулканічні інтрузії з гідротермальними низькотемпературними родовищами.

Рис. 2.7. Размещение магматических пород и рудных месторождений по глубинным зонам (по В.И.Смирнову):

- 1 – ультраосновные породы с магматическими месторождениями; 2 – гранодiorиты со скарновыми месторождениями; 3 – граниты с пегматитовыми и грейзеновыми месторождениями; 4 – малые интрузии гранитоидов с гидротермальными месторождениями; 5 – щелочные породы с карбонатитами; 6 – эффузивные породы с гидротермальными месторождениями; 7 – субвулканические интрузии с гидротермальными низкотемпературными месторождениями.

Приповерхнева зона характерна переважним розвитком ефузивних порід і пов'язаних з ними родовищ корисних копалин, що утворюються на глибинах до 1-1,5км. У цій зоні зосереджені гідротермальні родовища ртуті, золота, міді та інших металів. У верхній її частині формуються родовища корисних копалин екzogенної серії.

Приповерхностная зона характерна преобладающим развитием эффузивных пород и связанных с ними месторождений полезных ископаемых, которые образуются на глубинах до 1-1,5км. В этой зоне сосредоточены гидротермальные месторождения ртути, золота, меди и других металлов. В верхней её части формируются месторождения полезных ископаемых экзогенной серии.

*Екзогенні родовища* формуються в ході геологічних процесів, що протікають на поверхні Землі чи в приповерхневій зоні. Тут відбувається руйнування раніше утворених мінералів і гірських порід, перенесення і перевідкладення продуктів руйнування. У ході цих процесів мінерали, що виникли в ендегенних умовах, розкладаються під дією води, кисню, вуглекислоти, органічних сполук, живих організмів й інших факторів. Замість них виникають нові мінерали, стійкі в екзогенних умовах, що можуть давати початок рудним концентраціям. Продукти розкладання при цьому залишаються на місці чи переносяться водами в розчиненому або зваженому стані, а потім відкладаються по шляху руху в долинах рік чи морських водоймах. У зв'язку з цим виділяють серед екзогенних родовищ три групи: родовища вивітрювання, розсипові й осадові. Ці родовища дуже поширені у природі, з ними пов'язані горючі і багато неметалевих корисних копалин, а також поклади заліза, марганцю, алюмінію, ванадію, урану, міді, рідкісних металів та ін.

*Родовища вивітрювання* за умовами свого утворення і місця походження тісно пов'язані корою вивітрювання, що виникає внаслідок розкладання глибинних порід і мінералів у поверхневих умовах. Вплив факторів фізичного і хімічного вивітрювання (води, температурних коливань, кисню, вуглекислоти, органічних сполук та ін.) на породи і мінерали, що виникли в глибинних ендегенних умовах, призводить до їхнього механічного руйнування і хімічного розкладання. Деякі з цих мінералів, наприклад, кварц, самородне золото, каситерит, алмаз є фізично і хімічно стійкими і майже не змінюються в нових умовах. Але більшість з них не

*Екзогенні месторождения* формуються в ході геологічних процесів, протекаючих на поверхності Землі или в приповерхностной зоне. Здесь происходит разрушение ранее образовавшихся минералов и горных пород, перенос и переотложение продуктов разрушения. В ходе этих процессов минералы, возникшие в эндогенных условиях, оказываются неустойчивыми и разлагаются под действием воды, кислорода, углекислоты, органических соединений, живых организмов и других факторов. Вместо них возникают новые минералы, устойчивые в экзогенных условиях, которые могут давать начало рудным концентрациям. Продукты разложения при этом остаются на месте или переносятся водами в растворенном или взвешенном состоянии, а затем отлагаются по пути движения в долинах рек или морских водоемах. В связи с этим выделяют среди экзогенных месторождений три группы: месторождения выветривания, россыпные и осадочные. Эти месторождения широко распространены в природе, с ними связаны горючие и многие неметаллические полезные ископаемые, а также залежи железа, марганца, алюминия, ванадия, урана, меди, редких металлов и других.

*Месторождения выветривания* по условиям своего образования и месту происхождения тесно связаны корою выветривания, которая возникает в результате разложения глубинных пород и минералов в поверхностных условиях. Воздействие факторов физического и химического выветривания (воды, температурных колебаний, кислорода, углекислоты, органических соединений и др.) на породы и минералы, которые возникли в глубинных эндогенных условиях, приводит к их механическому разрушению и химическому разложению. Некоторые из этих минералов, например, кварц, самородное золото, каситерит, алмаз являются физически и химически стойкими и практически не изменяются в новых условиях. Но большинство из них неустойчивы



стійкі в екзогенних умовах і замість них утворюють нові мінерали. Наприклад, польовий шпат розкладається і перетворюється в каолінит, олівін переходить у серпентиніт, пірит дає початок лімоніту і т.д. Родовища вивітрювання підрозділяються на залишкові й інфільтраційні.

*Залишкові родовища* вивітрювання належать до порід, при розкладанні яких вони утворилися. Ці родовища представляють собою результат процесів хімічного вивітрювання, у яких головну роль відіграє вода з її здатністю до електричної дисоціації, до гідролізу і яка завжди містить у розчині деяку кількість кисню, вуглекислого газу, органічних кислот й інших активно діючих речовин. Вони розкладають мінерали гірських порід і виносять розчинні хімічні сполуки, внаслідок чого відбувається нагромадження важкорозчинних залишків, що представляють промислово цінність. Так виникають залишкові родовища бокситів, каоліну, силікатних нікелевих руд, бурих залізників, тальку, магнезиту, марганцю та інших корисних копалин.

Процеси вивітрювання і рудоутворення, що відбуваються при цьому, залежать не лише від зовнішнього середовища, але й від хімічного складу і внутрішньої будови мінералів породи. Залежно від геохімічних умов протікання процесів вивітрювання, що визначаються також кліматом і тектонічними особливостями району, розрізняють глинисте і латеритне вивітрювання.

*Глинисте* вивітрювання відбувається як правило в умовах помірного клімату. Воно характеризується тим, що польові шпати внаслідок гідролізу переходять у водяні силікати глинозему типу  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , при цьому відбувається часткове винесення кремнезему. Утворю-

в екзогенних умовах і вместо них образують нові мінерали. Наприклад, польовий шпат розкладається і преобразується в каолінит, олівін переходить в серпентиніт, пірит дає початок лімоніту і т.д. Месторождения выветривания подразделяются на остаточные и инфильтрационные месторождения.

*Остаточные месторождения* выветривания приурочены к породам, при разложении которых они образовались. Эти месторождения представляют собой результат процессов химического выветривания, в которых главную роль играет вода с её способностью к электрической диссоциации, к гидролизу и которая всегда содержит в растворе некоторое количество кислорода, углекислого газа, органических кислот и других активно действующих веществ. Они разлагают минералы горных пород и выносят растворимые химические соединения, в результате чего происходит накопление труднорастворимых остатков, представляющих промышленную ценность. Так возникают остаточные месторождения бокситов, каолина, силикатных никелевых руд, бурых железняков, талька, магнезита, марганца и других полезных ископаемых.

Процессы выветривания и происходящего при этом рудообразования зависят не только от внешней среды, но и от химического состава и внутреннего строения минералов породы. В зависимости от геохимических условий протекания процессов выветривания, которые определяются также климатом и тектоническими особенностями района, различают глинистое и латеритное выветривание.

*Глинистое* выветривание происходит обычно в условиях умеренного климата. Оно характеризуется тем, что полевые шпаты в результате гидролиза переходят в водные силікати глинозема типа  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , при этом происходит частичный вынос кремнезема. Образуются такие типоморф-

ються такі типоморфні мінерали, як каолінит, галуазит, нонтроніт, монтморилоніт. Їхні скупчення дають початок залишковим родовищам глин, які дуже поширені і часто значні за розмірами, але як правило невисокої якості. При вивітрюванні ультраосновних безпольовошпатових порід звільняється залізо, а також марганець, магній, нікель, кобальт. Три останні елементи легко адсорбуються глинистими часточками елювію, а нікель, крім цього, може переходити в колоїдний розчин і, випадаючи з нього, утворювати мінерали водяних силікатів нікелю (гарнієрит, ревенскіт та ін.). Внаслідок цього процесу виникають залишкові родовища силікатних нікелевих руд (о.Нова Каледонія, Середній та Південний Урал, Побужжя в Україні та ін.), бурого залізняку (Куба, Гвінея та ін.), магнезиту (Урал, Україна, Казахстан) та інших корисних копалин.

*Латеритне* вивітрювання відбувається в умовах тропічного клімату, що характеризується зміною дощових і посушливих періодів. При латеритному вивітрюванні порід, що утворює майже горизонтальну чи слабкосхилену піднесену місцевість, внаслідок розпаду силікатів утворюються вільні  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  і  $SiO_2$  у вигляді золів. Золі алюмінію і заліза коагулюють і залишаються на місці, а кремнезем несеться лужними розчинами вниз і відкладається на більше глибоких горизонтах. Ці лужні розчини виникають при гідролізі силікатів і не несуться водами з ділянки вивітрювання внаслідок слабкої циркуляції припливних вод через особливості рельєфу. Таким чином, на поверхні відбувається нагромадження гідратів окису алюмінію (беміту, діаспору і гібситу) і заліза (лімоніту). Кількісні співвідношення між ними в латеритах залежать від складу порід, що вивітрюються. Багаті глиноземом породи

ные минералы, как каолинит, галуазит, нонтронит, монтмориллонит. Их скопления дают начало остаточным месторождениям глин, которые довольно широко распространены и часто значительны по размерам, но обычно невысокого качества. При выветривании ультраосновных бесполевошпатовых пород освобождается железо, а также марганец, магний, никель, кобальт. Три последние элемента легко адсорбируются глинистыми частичками элювия, а никель, кроме этого, может переходить в коллоидный раствор и, выпадая из него, образовывать минералы водных силикатов никеля (гарниерит, ревенскит и др.). В результате этого процесса возникают остаточные месторождения силикатных никелевых руд (о.Новая Каледония, Средний и Южный Урал, Побужье в Украине и др.), бурого железняка (Куба, Гвинея и др.), магнезита (Урал, Украина, Казахстан) и других полезных ископаемых.

*Латеритное* выветривание происходит в условиях тропического климата, характеризующегося чередованием дождливых и засушливых периодов. При латеритном выветривании пород, образующих почти горизонтальную или слабонаклонную возвышенную местность, в результате распада силикатов образуются свободные  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  и  $SiO_2$  в виде золей. Золи алюминия и железа коагулируют и остаются на месте, а кремнезем уносится щелочными растворами вниз и отлагается на более глубоких горизонтах. Эти щелочные растворы возникают при гидролизе силикатов и не уносятся водами с участка выветривания вследствие слабой циркуляции приточных вод из-за особенностей рельефа. Таким образом, на поверхности происходит накопление гидратов окиси алюминия (бемита, диаспора и гиббсита) и железа (лимонита). Количественные соотношения между ними в латеритах зависят от состава выветривающихся пород. Богатые

дають початок глиноземистим латеритам і бокситам. Боксити є цінною рудою алюмінію. Їхні родовища відомі у Франції (район Бо), Африці (Гвінея), Австралії, Індії, США та інших країнах.

На ультраосновних породах, багатих залізом і бідних алюмінієм, формуються залізисті мінерали, у яких нерідко концентруються також оксиди і гідроксиди інших металів (нікелю, кобальту, хрому, марганцю), що входять до складу мінералів ультраосновних порід. Так виникають родовища залізних руд, нерідко природно-легованих, тобто таких, що утримують цінні добавки вищевказаних елементів (родовища п-ова Калум у Гвінейській республіці, родовища Куби та ін.). Якщо латеритне вивітрювання відбувається в умовах розчленованого рельєфу, коли луки несуться проточними водами, то в поверхневій зоні накопичуються залишкові (елювіальні) глинисті утворення. Оскільки поверхневі води містять гумусові кислоти, що перешкоджають коагуляції гелю заліза, то відбувається винесення цього елемента з області вивітрювання. Залишковим продуктом при такому типі вивітрювання є поклади каоліну, складені чистим каолінітом з деякою домішкою не розкладених мінералів кварцу, серициту, польових шпатів та ін.

Оскільки промисловий каолін повинен містити дуже незначну домішку заліза (не більше 0,7-1%  $Fe_2O_3$ ), то найбільш цінні його родовища виникають тільки на кислих породах – гранітах, пегматитах, кварцових порфірах та інших, які самі по собі містять мало заліза. Прикладами таких каолінових родовищ є поклади каоліну в Україні (Присянівське, Глуховецьке та ін.), Уралу, у Німеччині (Кемлітц та ін.), у Китаї, Чехії, Англії.

*Інфільтраційні родовища* утворюються внаслідок винесення рудних речовин

глиноземом породи дають начало глиноземистим латеритам і бокситам. Боксити являються цінною рудою алюмінія. Їх месторождения известны во Франции (район Бо), Африке (Гвинея), Австралии, Индии, США и других странах.

На ультраосновных породах, богатых железом и бедных алюминием, формируются железистые минералы, в которых нередко концентрируются также оксиды и гидроксиды других металлов (никеля, кобальта, хрома, марганца), входящих в состав минералов ультраосновных пород. Так возникают месторождения железных руд, нередко природно-легованных, т.е. содержащих ценные добавки вышеуказанных элементов (месторождения п-ова Калум в Гвинейской республике, месторождения Кубы и др.). Если латеритное выветривание происходит в условиях расчлененного рельефа, когда щелочи уносятся проточными водами, то в поверхностной зоне накапливаются остаточные (элювиальные) глинистые образования. Поскольку поверхностные воды содержат гумусовые кислоты, которые препятствуют коагуляции геля железа, то происходит вынос этого элемента из области выветривания. Остаточным продуктом при таком типе выветривания являются залежи каолина, сложенные чистым каолинитом с некоторой примесью не разложенных кварца, серицита, плевых шпатов и других минералов.

Поскольку промышленный каолин должен содержать очень незначительную примесь железа (не более 0,7-1%  $Fe_2O_3$ ), то самые ценные его месторождения возникают только на кислых породах – гранитах, пегматитах, кварцевых порфирах и других, которые сами по себе содержат мало железа. Примерами таких каолиновых месторождений являются залежи каолина на Украине (Присяновское, Глуховецкое и др.), Урале, в Германии (Кемлитц и др.), в Китае, Чехии, Англии.

*Инфильтрационные месторождения об-*

поверхневими водами з одних місць і відкладення їх в інших місцях зони гіпергенезу. У процесі утворення інфільтраційних родовищ розрізняють три стадії:

1) вилуговування корисних компонентів з порід чи руд атмосферними водами і формування рудоносних розчинів, що здебільшого дуже розведені;

2) перенесення цими розчинами рудних речовин на різну відстань;

3) відкладення руд у нових фізико-хімічних умовах.

Вилуговування рудних компонентів залежить від складу порід, що вивітрюються, чи рудопроявів, а також від форм перебування в них цих компонентів і хімічного складу вод. Найбільше сприятливі для вилуговування і переводу в розчин корисного компонента такі умови, коли материнські породи збагачені цим компонентом. Для урану, наприклад, це кристалічні породи фундаменту, для заліза – ультраосновні й основні породи і т.д. Перенесення вилужених з порід рудних компонентів відбувається як правило у вигляді розчинів з карбонатними, сульфатними чи іншими комплексами. Ці розчини, зустрічаючи при своїй циркуляції хімічно активні породи, наприклад, вапняки, попадають у нові фізико-хімічні умови. Починається взаємодія розчинів з породами, розкладання комплексів і метасоматичне утворення руд інфільтраційних родовищ. Важливу роль в утворенні ряду рудних покладів відіграють анаеробні бактерії, що внаслідок своєї життєдіяльності виробляють сірководень. Останній взаємодіє з металами, що знаходяться в розчинах у вигляді солей, і таким чином виникають сульфіди заліза, міді та інших елементів. Масове осадження корисних компонентів відбувається тоді, коли поверхневі збагачені

разуються в результаті виноса рудних веществ поверхностними водами из одних мест и отложения их в других местах зоны гипергенеза. В процессе образования инфильтрационных месторождений различают три стадии:

1) выщелачивание из пород или руд полезных компонентов атмосферными водами и формирования рудоносных растворов, которые обычно сильно разбавлены;

2) перенос этими растворами рудных веществ на разное расстояние;

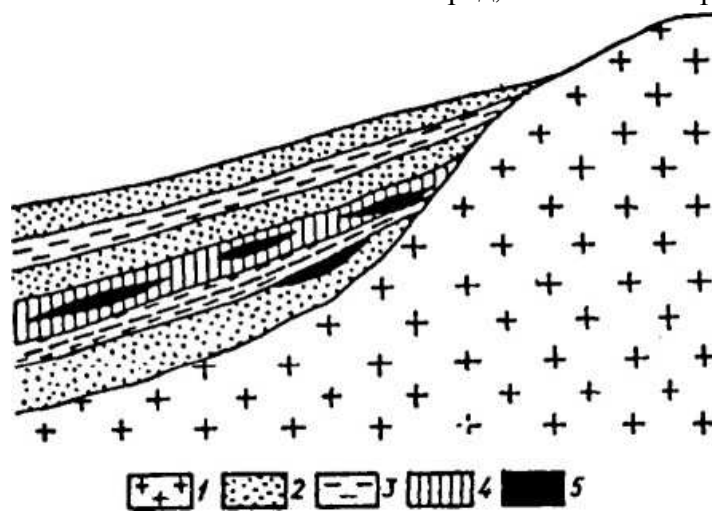
3) отложение руд в новых физико-химических условиях.

Выщелачивание рудных компонентов зависит от состава пород или выветривающихся рудопроявлений, а также от форм нахождения в них этих компонентов и химического состава вод. Наиболее благоприятны для выщелачивания и перевода в раствор полезного компонента такие условия, когда материнские породы обогащены этим компонентом. Для урана, например, это кристаллические породы фундамента, для железа – ультраосновные и основные породы и т.д. Перенос выщелоченных из пород рудных компонентов происходит обычно в виде истинных растворов с карбонатными, сульфатными или другими комплексами. Эти растворы, встречая при своей циркуляции химически активные породы, например, известняки, попадают в новые физико-химические условия. Начинается взаимодействие растворов с породами, разложение комплексов и метасоматическое образование руд инфильтрационных месторождений. Важную роль в образовании ряда рудных залежей играют анаэробные бактерии, которые в результате своей жизнедеятельности вырабатывают сероводород. Последний взаимодействует с металлами, находящимися в растворах в виде солей, и таким образом возникают сульфиды железа, меди и других элементов. Массовое осаждение полезных компонентов

киснем розчини просочуються вниз і падають у відбудовні умови. Із цих розчинів при різкій зміні рН середовища випадають уранініт, пірит, марказит, борніт та інші мінерали.

Форма рудних тіл інфільтраційних родовищ може бути найрізноманітнішою: шароподібною з різко мінливою потужністю, лінзоподібною, гніздоподібною, прожилково-вкрапленою, жилородібною та ін. (мал.2.8). Промислове значення мають інфільтраційні родовища урану і ванадію (штати Колорадо, Юта у США), фосфоритів (Флорида, США), бору і магнетиту (Урал). Відомі також промислові родовища міді (Болівія, США), марганцю (Німеччина), заліза (Урал).

*Розсіпові родовища* утворюються при фізичному вивітрюванні і пов'язаному з ним механічним руйнуванням гірських порід, а також деяких рудних покладів.



Мал. 2.8. Схема геологічної будови інфільтраційного родовища:

1 - кристалічні породи; 2 - пісковики; 3 - глинисті породи; 4 - вугілля; 5 - лінзоподібні поклади уранових руд.

Рис. 2.8. Схема геологического строения инфильтрационного месторождения:

1 – кристаллические породы; 2 – песчаники; 3 – глинистые породы; 4 – уголь; 5 – линзообразные залежи урановых руд.

Розсипи, що утворилися на місці залягання корінних джерел, називаються *елювіальними*. При переміщенні вивітрілого матеріалу вниз по схилу під ді-

происходит тогда, когда поверхностные обогащенные кислородом растворы просачиваются вниз и попадают в восстановительные условия. Из этих растворов при резком изменении рН среды выпадают уранинит, пирит, марказит, борнит и другие минералы.

Форма рудных тел инфильтрационных месторождений может быть самой разнообразной: пластообразной с резко меняющейся мощностью, линзовидной, гнездообразной, прожилково-вкрапленной, жилородной и др. (рис.2.8). Промышленное значение имеют инфильтрационные месторождения урана и ванадия (штаты Колорадо, Юта в США), фосфоритов (Флорида, США), бора и магнетита (Урал). Известны также промышленные месторождения меди (Боливия, США), марганца (ФРГ), железа (Урал).

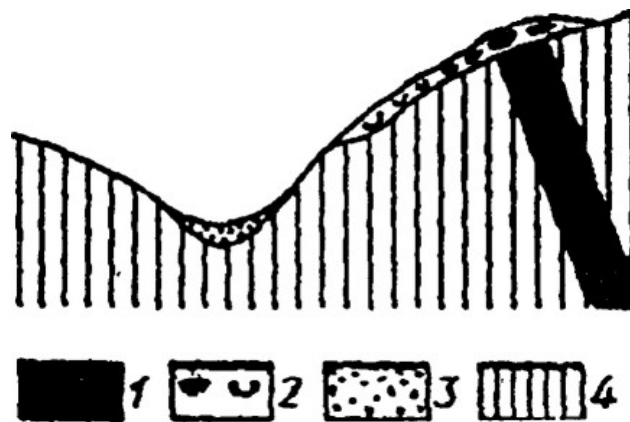
*Россыпные месторождения* образуются при физическом выветривании и связанном с ним механическом разрушении горных пород, а также некоторых рудных залежей.

єю сили ваги, при якому відбувається сортування мінералів за їхньою щільністю і розмірами уламків, виникають *делювіальні* розсипи. Якщо ж пухкий уламковий матеріал буде підхоплений ріками, перенесений і відкладений у їхніх руслах чи долинах, то утворюються розсипи *алювіальні* (мал.2.9). Вздовж берегів морів і океанів розміщуються прибережні розсипи, у тому числі підводні. У розсипах накопичуються лише такі мінерали, що мають велику питому вагу (щільність) і є хімічно і фізично стійкими. До них відносяться золото, платина, колумбіт, касситерит, вольфраміт, шееліт, монацит, циркон, корунд, алмаз, гранат і деякі інші. Розміри розсипових родовищ дуже різні. Якщо у верхів'ях рік вони часто не перевищують по своїй довжині десяти метрів, то в долинах у середній чи нижній течії рік можуть просліджуватися на кілька кілометрів. Значно великими є розміри прибережних розсипів. Наприклад, розсипи Бразилії з монацитом, цирконом та іншими мінералами витягнуті вздовж берегів Атлантичного океану на 250-300км при довжині окремих безупинних шнуркових покладів близько 1км і ширині до 20-25м. У Намібії на західному узбережжі Африки розсипи алмазів тягнуться на 500км від устя р. Оранжевої до границі з Анголою вздовж атлантичного узбережжя. Розсипові родовища мають велике промислове значення. До кінця ХХ сторіччя з них добувався весь янтар, цирконію більше 95%, титану і ніобію 70%, олова і золота 50%, алмазів 20%, танталу більше 10%. У майбутньому кількість елементів, що витягаються з розсипів, стане ще більше, тому що корінні їхні джерела виснажу-

ються силою тяжести, при якому проходить сортування мінералів по їх щільності і крупності обломків, виникають *делювіальні* розсипи. Якщо ж рихлий обломочний матеріал буде підхоплений ріками, перенесений і відкладений в їх руслах чи долинах, то утворюються розсипи *аллювіальні* (рис.2.9). Вздовж берегів морей і океанів розміщуються прибережні розсипи, в тому числі підводні. В розсипах накопичуються лише такі мінерали, які мають великий удільний вагу (щільність) і є хімічно і фізично стійкими. До них відносяться золото, платина, колумбіт, касситерит, вольфраміт, шееліт, монацит, циркон, корунд, алмаз, гранат і деякі інші. Розміри розсипових родовищ дуже різні. Якщо в верхів'ях рік вони часто не перевищують по своїй довжині десяти метрів, то в долинах в середній чи нижній течії рік можуть просліджуватися на кілька кілометрів. Значно більшими є розміри прибережних розсипів. Наприклад, розсипи Бразилії з монацитом, цирконом та іншими мінералами витягнуті вздовж берегів Атлантичного океану на 250-300км при довжині окремих безупинних шнуркових покладів близько 1км і ширині до 20-25м. В Намібії на західному узбережжі Африки розсипи алмазів тягнуться на 500км від устя р. Оранжевої до границі з Анголою вздовж атлантичного узбережжя. Розсипові родовища мають велике промислове значення. До кінця ХХ сторіччя з них добувався весь янтар, цирконію більше 95%, титану і ніобію 70%, олова і золота 50%, алмазів 20%, танталу більше 10%. У майбутньому кількість елементів, що витягаються з розсипів, стане ще більше, тому що корінні їхні джерела виснажу-

ються швидше, ніж передбачалося. Розсіпові родовища, що утворилися відносно недавно, тобто в третинному (палеоген-неоген) чи четвертинному періодах представляють собою пухкі утворення і як правило залягають горизонтально на денній поверхні чи незначній глибині. Вони найбільше поширені, наприклад, чорні піски неогену з мінералами титану і циркону в Україні. Однак, відомі, розсіпи і більш давні, які здебільшого є похованими. Вони нерідко дислоковані і можуть залягати на великій глибині. Одними із найдавніших вважаються протерозойські метаморфізовані розсіпи великих золото-уранових родовищ Вітватерсранда в Південній Африці й уранові родовища Еліот-Лейк у Канаді, що залягають у вигляді шарів конгломератів серед докембрійських теригенних порід.

Россыпные месторождения, образовавшиеся относительно недавно, т.е. в третичном (палеоген-неоген) или четвертичном периоде, представляют собой рыхлые образования и обычно залегают горизонтально на дневной поверхности или незначительной глубине. Они наиболее распространены, например, черные пески неогена с минералами титана и цирконом в Украине. Известны, однако, россыпи и более древние, которые обычно являются погребенными. Они нередко дислоцированы и могут залежать на большой глубине. Одними из самых древних считаются протерозойские метаморфизованные россыпи крупных золото-урановых месторождений Витватерсранда в Южной Африке и урановых месторождений Эллиот-Лейк в Канаде, которые залегают в виде пластов конгломератов среди докембрийских терригенных пород.



Мал. 2.9. Схема розташування розсіпів у річковій долині:

1 - рудна жила; 2 - елювіальний і делювіальний розсіп; 3 - алювіальний розсіп;  
4 - корінні породи.

Рис. 2.9. Схема расположения россыпей в речной долине:

1 – рудная жила; 2 – элювиальная и делювиальная россыпь; 3 – аллювиальная россыпь;  
4 – коренные породы.

*Осадкові родовища* – це велика група дуже важливих у промисловому відношенні родовищ, що утворилися внаслідок процесів осадонакопичення. Залежно від характеру водойм осадкові родовища можуть бути річковими, болотними, озерними і морськими. До них відносяться

*Осадочные месторождения* – это большая группа очень важных в промышленном отношении месторождений, которые образовались в результате процессов осадконакопления. В зависимости от характера водоемов осадочные месторождения могут быть речными, болотными, озерными и морскими. К ним относятся

родовища вугілля і горючих сланців, різної хімічної сировини (солі, гіпс, сірка) і будівельних матеріалів (пісок, глина, вапняки і т.д.), а також родовища заліза, марганцю, урану, ванадію, алюмінію, германію та інших рідкісних металів. Тіла корисних копалин цієї групи родовищ мають форму пластів, іноді - плоских линз. Залягають вони разом з породами і нерідко простягаються на великі відстані. Пласти вугілля, наприклад, можуть тягтися на десятки кілометрів і більше, а їхня потужність може бути від декількох десятків сантиметрів (вугілля Донбасу) до 200м (Челябінський басейн), 320м (шар Латроб, Австралія) і навіть 450м (шар «Чорний Голіаф», Канада). Процеси утворення осадових порід і родовищ корисних копалин можуть відбуватися механічним, хімічним і біохімічним шляхом.

*Механічні* осадові родовища виникають внаслідок розмиву поверхневими водами порід, що вивітрюються, перенесення продуктів вивітрювання у зваженому стані чи шляхом перекочування їх по дну рухомого потоку і відкладення цих механічних опадів у спокійній обстановці тієї водойми, куди впадає цей потік чи ріка. При цьому сортування матеріалу і його відкладення відбувається у визначеній послідовності залежно від розміру уламків, їхньої форми і щільності. Типовими представниками механічних чи уламкових родовищ корисних копалин можуть служити родовища гравію, піску і глини, а також описані вище розсипові родовища цінних металів. Відкладення гравію і гальки часто виникають завдяки дії морських хвиль. Ці відкладення розробляються як будівельний матеріал для бетонних робіт чи баласт при спорудженні доріг. Зерна квар-

месторождения углей и горючих сланцев, различного химического сырья (соли, гипс, сера) и строительных материалов (песок, глина, известняки и т.д.), а также месторождения железа, марганца, урана, ванадия, алюминия, германия и других редких металлов. Тела полезных ископаемых этой группы месторождений имеют обычно форму пластов, иногда плоских линз. Залегають они согласно с вмещающими породами и нередко протягиваются на большие расстояния. Пласты угля, например, могут тянуться на десятки километров и более, а их мощность может быть от нескольких десятков сантиметров (угли Донбасса) до 200м (Челябинский бассейн), 320м (пласт Латроб, Австралия) и даже 450м (пласт «Черный Голіаф», Канада). Процессы образования осадочных пород и заключенных в них месторождений полезных ископаемых могут происходить механическим, химическим и биохимическим путем.

*Механические* осадочные месторождения возникают в результате размыва поверхностными водами выветривающихся пород, переноса продуктов выветривания во взвешенном состоянии или путем перекачивания их по дну текущего потока и отложения этих механических осадков в спокойной обстановке того водоема, куда впадает этот поток или река. При этом сортировка переносимого материала и его отложение происходит в определенной последовательности в зависимости от крупности обломков, их формы и плотности. Типичными представителями механических или обломочных месторождений полезных ископаемых могут служить месторождения гравия, песка и глины, а также описанные выше россыпные месторождения ценных металлов. Отложения гравия и гальки часто возникают благодаря размывающему действию морских волн. Эти отложения разрабатываются как строительный материал для бетонных работ или балласт при сооружении



цу і глинистих часточок часто несуться ріками в озера і моря, при цьому виникають родовища пісків, у тому числі чистих кварцових, які є сировиною для скляної, металургійної та абразивної промисловості (Новоселівське родовище в Харківській області, Люберецьке під Москвою та ін.). Глинисті частки, як найлегші, несуться далі від берега. Тут вони поступово осаджуються й утворюють родовища глин. Найбільше цінними для промисловості є озерні родовища, що дають глинисту сировину для вогнетривкої і керамічної промисловості (Часов'ярське і Дружківське родовища в Донбасі).

*Хімічні* осадові родовища утворюються в морях, озерах і болотах із колоїдних розчинів. Головна роль належить морським родовищам. У лагунах чи солерідних морських басейнах в умовах посушливого клімату формуються родовища гіпсів і ангідритів, кам'яної солі, а також калійних і магнезальних солей. Середній вміст солей у морській воді складає близько 3,5%, тобто 35г/л. При підвищенні солоності води до 15%, що може наступити в умовах жаркого сухого клімату при обмеженому припливі морських вод у затоку - лагуну, почнуть випадати карбонати кальцію і магнію. Якщо солоність зростає до 20-27%, то буде осаджуватися гіпс. При подальшому підвищенні солоності (більше 27%) почне осаджуватися галіт. Нарешті, при повному випаровуванні води із солерідних басейнів відкладаються солі калію і магнію. Умови, сприятливі для повного випару води в солерідних басейнах, бувають дуже рідко. Крім того, солі калію і магнію, як правило, легко розчинні. Тому родовища цих солей, особливо калію, збереглися лише в тих місцях, де вони

дорог. Зерна кварца і глинисті часточки часто уносяться реками в озера і моря, при цьому виникають местородження пісків, в том числі чистих кварцевих, которые являются сырьем для стекольной, металлургической и абразивной промышленности (Новоселовское месторождение в Харьковской области, Люберецкое под Москвой и др.). Глинистые частички, как самые легкие, уносятся дальше от берега. Здесь они постепенно осаждаются и образуют месторождения глин. Наиболее ценными для промышленности является озерные месторождения, которые дают глинистое сырье для огнеупорной и керамической промышленности (Часовьярское и Дружковское месторождения в Донбассе).

*Хімічні* осадові родовища утворюються в морях, озерах і болотах із істинних или коллоїдних розчинів. Главная роль принадлежит морским месторождениям. В лагунах или солеродных морских бассейнах в условиях засушливого климата формируются из истинных растворов месторождения гипсов и ангидритов, каменной соли, а также калийных и магнезальных солей. Среднее содержание солей в морской воде составляет около 3,5%, т.е. 35г/л. При повышении солёности воды до 15%, что может наступить в условиях жаркого сухого климата при ограниченном притоке морских вод в залив или лагуну, начнут выпадать с осадков карбонаты кальция и магния. Если солёность возрастает до 20-27%, то будет осаждаться гипс. При дальнейшем повышении солёности (более 27%) начнет осаждаться галит. Наконец, при полном испарении воды из солеродных бассейнов отлагаются соли калия и магния. Условия, благоприятные для полного испарения воды в солеродных бассейнах, бывают очень редко. Кроме того, соли калия и магния чрезвычайно легко растворимы. Поэтому месторождения этих солей, особенно калия, сохранились лишь в тех местах, где они после своего образования

після свого утворення були перекриті водонепроникними глинистими товщами. Численні родовища кам'яної солі відомі в багатьох місцях земної кулі, тоді як калійні родовища менш поширені (Верхньокамський басейн на Уралі, Білорусія, Західна Україна, Стасфуртське родовище у Німеччині і та ін.). Виникнення потужних товщ солей у цих родовищах зумовлене тим, що нагромадження галогенних опадів відбувалося на фоні стійкого прогинання морського дна, що мало місце в синклінальних чи платформенних структурах у передгірних прогинах.

Осадкові родовища заліза, марганцю та алюмінію утворюються з колоїдних розчинів, що формуються на континентах й виносяться ріками в морські водойми. Різка зміна фізико-хімічних умов, особливо рН, призведе до коагуляції і випадінню в осад цих металів. Окисли заліза випадають у прибережних зонах, для них характерна оолітова будова руд (Керченське родовище в Україні та ін.). Якщо залізні руди відкладаються у верхній частині шельфу, то після випадання оксидів заліза і марганцю починає осаджуватися в прибережній зоні кремнезем, частина якого взаємодіє із сполуками заліза й утворює такі мінерали силікатно-залізних руд, як шамозит, тюрингіт та інші (Ельзас, Лотарингія та ін.). Осадження марганцевих руд відбувається трохи глибше. Руди марганцю складені в основному псиломеланом і піролюзитом, але з віддаленням від берегової лінії у складі окисних руд марганцю у значній кількості з'являється манганіт, тобто сполука марганцю  $Mn^{4+}$  поступається місцем дво-валентному марганцю.

Прикладами родовищ, складених окисними рудами марганцю, є Нікопольське

були перекриті водонепроницаемыми глинистыми толщами. Многочисленные месторождения каменной соли известны во многих местах земного шара, тогда как калийные месторождения пользуются гораздо меньшим распространением (Верхнекамский бассейн на Урале, Белоруссия, Западная Украина, Стасфуртское месторождение в ФРГ и некоторые другие). Возникновение мощных толщ солей в этих месторождениях объясняется тем, что накопление галогенных осадков происходило на фоне устойчивого прогибания морского дна, что имело место в синклинальных платформенных структурах или в предгорных прогибах.

Осадочные месторождения железа, марганца и алюминия образуются из коллоидных растворов, которые формируются на континентах и выносятся реками в морские водоемы. Резкое изменение физико-химических условий, в особенности рН, приводит к коагуляции и выпадению в осадок этих металлов. Окислы железа выпадают в прибрежных зонах, для них характерно оолитовое строение руд (Керченское месторождение в Украине и др.). Если железные руды отлагаются в верхней части шельфа, то после выпадения оксидов железа и марганца начинает осаждаться в прибрежной зоне кремнезем, часть которого взаимодействует с соединениями железа и образует такие минералы силікатно-железных руд как шамозит, тюрингіт и другие (Эльзас, Лотарингія и др.). Садка марганцевых руд происходит несколько мористее, глубже. Руды марганца сложены в основном псиломеланом и піролюзитом, но по мере удаления от береговой линии в составе окисных руд марганца в значительных количествах появляется манганит, т.е. соединения четырехвалентного марганца уступают место двухвалентному марганцю.

Примерами месторождений, сложенных окисными рудами марганца, являются Нико-

в Україні і Чиатурське в Грузії. Залізо і марганець утворюють також родовища озерних і болотних руд.

В останні роки дуже великі скопчення руд заліза і марганцю виявлені на дні океанів. Ці утворення, названі конкреціями, мають форму сплюснених кульок і куль діаметром до 10см, іноді до 25см, вони вистилають великі ділянки дна Тихого, Атлантичного й Індійського океанів. На глибинах від 2 до 6 км конкреції представляють собою затверділі колоїдні згустки, що складаються із суміші оксидів і гідроксидів заліза і марганцю (2,5-27% Fe і 8-50% Mn), що адсорбували ряд цінних металів: кобальт і нікель до 1% кожний, мідь (близько 0,5%), а також ванадій, молибден, титан. Запаси конкрецій на дні океанів складають близько 100 трл.т, що набагато перевищує світові запаси руд марганцю, заліза та інших металів на континентах. Власне кажучи, це майже невичерпне джерело рудних багатств майбутнього. Практичний видобуток конкрецій із глибини близько 4000м і витяг з них згаданих металів вже проводиться в Японії і США.

*Біохімічні* родовища виникають внаслідок життєдіяльності організмів, що засвоюють з морських вод окремі хімічні елементи і накопичують їх у своєму кістці. Після відмирання цих організмів відбувається утворення на морському дні карбонатних, силікатних та інших опадів. Так виникають родовища вапняків, застосовуваних як будівельний матеріал і для інших цілей (вапняк-черепашник околиць Одеси, південного берега Криму та ін.), діатомітів і трепелів, фосфоритів. Осадочним біохімічним шляхом утворилися також деякі родовища самородної сірки. Тут вирішальна роль належить сірководневим бактеріям, що розкладають ор-

польское в Украине и Чиатурское в Грузии. Железо и марганец образуют также месторождения озерных и болотных руд.

В последние годы очень крупные скопления руд железа и марганца обнаружены на дне океанов. Эти образования, названные конкрециями, имеют форму уплощенных шариков и шаров диаметром до 10см, иногда до 25см, они выстилают большие участки дна Тихого, Атлантического и Индийского океанов. На глубинах от 2 до 6км конкреции представляют собой отвердевшие коллоидные сгустки, которые состоят из смеси оксидов и гидроксидов железа и марганца (2,5-27% Fe и 8-50% Mn), адсорбированных ряд ценных металлов: кобальт и никель до 1% каждый, медь (около 0,5%), а также ванадий, молибден, титан. Запасы конкреций на дне океанов составляют около 100трл.т, что намного превышает мировые запасы руд марганца, железа и других металлов на континентах. По существу это практически неисчерпаемый источник рудных богатств будущего. Практическая добыча конкреций с глубины около 4000м и извлечение из них упомянутых металлов уже производится в Японии и США.

*Биохимические* месторождения возникают в результате жизнедеятельности организмов, которые усваивают из морских вод отдельные химические элементы и накапливают их в своем скелете. После отмирания этих организмов происходит образование на морском дне карбонатных, силикатных и других осадков. Так возникают месторождения известняков, применяемых в качестве строительного материала и для других целей (известняк-ракушечник окрестностей Одессы, южного берега Крыма и др.), диатомитов и трепелов, фосфоритов. Осадочным биохимическим путем образовались также некоторые месторождения самородной серы. Здесь решающая роль принадлежит сероводородным бактериям, которые разлагают

ганічні речовини, які знаходяться на дні басейну, а також різні сульфати, особливо сульфат кальцію, розчинений у морській воді. Замість нього утворюється сірководень, що, підіймаючись нагору, окислюється. Внаслідок цього виникає порошок сірки, що осаджується на дні басейну і просочує відкладені тут хімічні і механічні опади. Подальші процеси перекристалізації опадів приводять до утворення масивних покладів сірки серед осадових порід. Так, на думку більшості дослідників, виникли родовища сірки України, о. Сицилії (Італія), Поволжя (Росія) та ін.

Велику роль відіграли біохімічні процеси в утворенні рідкісних родовищ ванадію, а також урану. Типово біогенне походження мають родовища вугілля, горючих сланців та нафти.

*Вулканогенно-осадові* родовища утворені відкладенням ендегенної рудної речовини осадовим шляхом на дні морів та океанів, а також на денній поверхні. Ще в 1817р. відомий мінералог А. Брейтгаунт спостерігав при виверженні вулкану Везувію (Італія) заповнення протягом 10 днів тріщини шириною близько 1м мінералом гематитом ( $Fe_2O_3$ ). У 1936р. із кратера вулкану Сіретото в Японії вилилося близько 20 тис.т чистої розплавленої сірки, а в Перу (Південна Америка) недавно були виявлені лавові потоки високогірного вулкану Лако, що складаються з магнетиту ( $Fe_3O_4$ ), із запасами до 70млн.т.

У 60-70 рр. минулого сторіччя океанологами і геологами були виявлені на дні Червоного моря, в осевій частині Східно-Тихоокеанського підняття та інших місцях світового океану підвищені в тисячі і більше раз концентрації свинцю, цинку, міді, срібла та інших металів у

органические вещества, находящиеся на дне бассейна, а также различные сульфаты, в особенности сульфат кальция, растворенный в морской воде. Вместо него образуется сероводород, который, поднимаясь вверх, окисляется. В результате этого возникает порошковая сера, которая осаждается на дне бассейна и пропитывает отлагающиеся здесь химические и механические осадки. Дальнейшие процессы перекристаллизации осадков приводят к образованию массивных залежей серы среди осадочных пород. Так, по мнению большинства исследователей, возникли месторождения серы Украины, о.Сицилии (Италия), Поволжья (Россия) и ряд других.

Большую роль играли биохимические процессы в образовании редко встречающихся, но крупных месторождений ванадия, а также урана. Типично биогенное происхождение имеют месторождения углей, горючих сланцев и нефти.

*Вулканогенно-осадові* месторождения образованы отложением эндегенного рудного вещества осадочным путем на дне морей и океанов, а также на дневной поверхности. Еще в 1817г известный минералог А.Брейтгаунт наблюдал при извержении вулкана Везувия (Италия) заполнение в течение 10 дней трещины шириной около 1м минералом гематитом ( $Fe_2O_3$ ). В 1936г из кратера вулкана Сиретото в Японии излилось около 20тыс.т чистой расплавленной серы, а в Перу (Южная Амазонка) недавно были выявлены лавовые потоки высокогорного вулкана Лако, состоящие из магнетита ( $Fe_3O_4$ ), с запасами до 70млн.т.

В 60<sup>х</sup>-70<sup>х</sup> годах прошлого столетия океанологами и геологами были обнаружены на дне Красного моря, в осевой части Восточно-Тихоокеанского поднятия и других местах мирового океана повышенные в тысячи и более раз концентрации свинца, цинка, меди, серебра и других металлов в придонных

придонних водах. Установлені на глибинах 2,5 км і більше масивні сульфідні руди із вмістом до 50% цинку, 6% міді та інших металів. Незвичайна форма рудних тіл – у вигляді коминкових (пічних) труб, висотою до 10-50м і більше. З них викидався темний рудоносний газопо-рідкий розчин з температурою близько 380°C, що дало підставу назвати ці геологічні утворення «чорними курцями». Відкриттям стала також наявність біля гарячих джерел на цих глибинах різноманітних форм життя (краби, молюски, корали і т.д.) у тому числі раніше невідомих (вестиментифери – новий вид тварин з погонофор, тобто нитковидних морських безхребетних). Відомо більше 100 ділянок прояву підводної гідротермальної діяльності сучасного рудоутворення на дні океанів. Подібні рудоутворювальні процеси відбувалися протягом усієї геологічної історії Землі і призводили до нагромадження найбільших запасів руд. Родовище Калахарі (ПАР), протерозойського віку, наприклад, містить 7,5млрд.т руд марганцю і заліза.

*Метаморфогенні* родовища утворюються під впливом процесів метаморфізму, обумовлених впливом високої температури (450-900°C), великого тиску (більше  $2 \cdot 10^8$  Па) і хімічно активних речовин (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> та ін.). Метаморфогенні родовища підрозділяються на дві групи: метаморфізовані і метаморфічні. Метаморфізму можуть піддаватися раніше виниклі родовища, внаслідок цього змінюються як самі корисні копалини, так і їх вміщуючі породи. Форма тіл корисних копалин набуває шароподібного, лінзоподібного і стрічкоподібного вигляду, виникають сланцюваті, плейчаті і подібні до них текстури. Змінюється і мінеральний склад руд, так наприклад, гідроокси-

водах. Установлены на глубинах 2,5км и более массивные сульфидные руды с содержанием до 50% цинка, 6% меди и других металлов. Необычна форма рудных тел – в виде каминных (печных) труб, высотой до 10-50м и более. Из них извергался темный рудоносный газопо-жидкий раствор с температурой около 380°C, что дало основание называть эти геологические образования «черными курильщиками». Открытием явилось также наличие около горячих источников на этих глубинах разнообразных форм жизни (крабы, моллюски, кораллы и т.д.) в том числе ранее неизвестных (вестиментиферы – новый вид животных из погонофор, т.е. нитевидных морских беспозвоночных). Известно более 100 участков проявления подводной гидротермальной деятельности с современным рудообразованием на дне океанов. Подобные рудообразующие процессы происходили в течение всей геологической истории Земли и приводили к накоплению крупнейших запасов руд. Месторождение Калахарис (ЮАР), протерозойского возраста, например, содержит 7,5млрд.т руд марганца и железа.

*Метаморфогенные* месторождения образуются под влиянием процессов метаморфизма, обусловленных воздействием высокой температуры (450-900°), большого давления (более  $2 \cdot 10^8$  Па) и химически активных веществ (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> и др.). Метаморфогенные месторождения подразделяются на две группы: метаморфизованные и метаморфические. Метаморфизму могут подвергаться ранее возникшие месторождения, в результате этого изменится как само полезное ископаемое, так и вмещающие его породы. Форма тела полезного ископаемого приобретет пластообразный, линзовидный и лентообразный вид, возникнут сланцеватые, плейчатые и подобные им текстуры. Изменится и минеральный состав

ди заліза і марганцю переходять в оксидні сполуки, марказит заміщається піритом і т.д. Такі родовища називаються *метаморфізованими* (залізні руди Кривого Рогу, золото-уранові родовища Вітватерсранду в Південній Африці та ін.).

*Метаморфічні* родовища виникли в ході процесів метаморфізму у зв'язку з перегрупуванням мінеральної речовини порід. Наприклад, замість глинистих порід при регіональному метаморфізмі виникають кристалічні сланці, що містять дистен, силіманіт і андалузит, що є цінними високоглиноземистими мінералами. Алюмосилікатні породи дають початок родовищам ставроліту, корунду і наждаку, з вапняків утворюється мрамур, із кременистих осадових порід виникають яшми і т.д.

Метаморфічні процеси протікають на контактах інтрузій і порід, що вміщують, (контактовий метаморфізм) чи захоплюють величезні товщі порід, які опускаються в ході коливальних геотектонічних рухів у зони високих температур і тисків. Відповідно, при розгляді метаморфогенних родовищ враховується характер метаморфізму. Прикладами регіонально-метаморфізованих родовищ служать заліззорудні родовища Кривого Рогу, родовища антрацитів Донецького басейну. До контактово-метаморфізованих відносяться родовища графіту в зоні впливу інтрузій, що рвуть пласти кам'яного вугілля Тунгуського басейну Сибіру, родовища корунду та ін. До власне метаморфічного належать родовища кіаніту на Кольському п-ові, яшми Південного Уралу та ін.

руд, так, наприклад, гідроксиди заліза і марганца переходять в оксидні сполуки, марказит заміщається піритом і т.д. Такі родовища називаються *метаморфізованими* (залізні руди Кривого Рога, золото-уранові – родовища Вітватерсранда в Южній Африці та інші).

*Метаморфічні* родовища виникли в ході процесів метаморфізму в зв'язку з перегрупуванням мінеральної речовини порід. Наприклад, замість глинистих порід при регіональному метаморфізмі виникають кристалічні сланці, що містять дистен, силіманіт і андалузит, що є цінними високоглиноземистими мінералами. Алюмосилікатні породи дають початок родовищам ставроліту, корунду і наждаку, з вапняків утворюється мрамур, із кременистих осадових порід виникають яшми і т.д.

Метаморфічні процеси протікають на контактах інтрузій і вмещаючих їх порід (контактовий метаморфізм) або захоплюють величезні товщі порід, які опускаються в ході коливальних геотектонічних рухів у зони високих температур і тисків. Відповідно, при розгляді метаморфогенних родовищ враховується характер метаморфізму. Прикладами регіонально-метаморфізованих родовищ служать заліззорудні родовища Кривого Рога, родовища антрацитів Донецького басейну. До контактово-метаморфізованих відносяться родовища графіту в зоні впливу інтрузій, що рвуть пласти кам'яного вугілля Тунгуського басейну Сибіру, родовища корунду та ін. До власне метаморфічного належать родовища кіаніту на Кольському п-ові, яшми Південного Уралу та ін.

## 2.5 Геохімічні особливості елементів і умови утворення корисних копалин

Родовища корисних копалин відносяться до різних гірських порід, тому з'ясування умов утворення цих родовищ можливе лише з урахуванням складу і будови середовища локалізації корисних копалин, тобто порід земної кори. Прийнято вважати, що 15-20 км її верхньої частини складається на 95% з магматичних і метаморфічних порід і на 5% - з осадових. Хімічний склад цієї частини земної кори, за підрахунками Ф. Кларка, В.І. Вернадського, О.Є. Ферсмана, О.П. Виноградова та інших учених, виражається (у %) такими середніми величинами (кларками): О-47,0; Si-29,5; Al-8,05; Fe-4,65; Ca-2,96; Na-2,50; K-2,50; Mg-1,87; H-1,00; Ti-0,45. На ці 10 елементів приходить по вазі 99,58% усієї земної кори, інші зустрічаються в ній у дуже незначних кількостях.

Різні хімічні елементи мають різну здатність утворювати самостійні мінерали. Найбільшу таку здатність мають кисень і кремній. За підрахунками О.Є. Ферсмана, найголовнішими мінералами земної кори (у %) є: польові шпати – 55; мета- і ортосилікати – 15; кварц і його різновиди – 12; вода в різних видах – 9; слюди – 3; магнетит, гематит – 3; глини – 1,5; кальцит-доломіт – 1,5. Знаючи кларки і мінеральний склад земної кори (таблиця 2.4), можна обчислити маси хімічних елементів у  $1\text{км}^3$  гірських порід. Кількість заліза, наприклад, у  $1\text{км}^3$  складає  $130 \cdot 10^6$  т, нікелю – 500 тис. т, міді – 250 тис. т, урану – 10 тис. т, а золота – 13 т. Таким чином, основна кількість металів розсіяна в гірських породах у кларкових кількостях і лише невелика їхня частина зосереджена в рудних родовищах. Отже,

## 2.5 Геохімічні особливості елементів і умови утворення корисних копалин

Месторождения полезных ископаемых приурочены к различным горным породам, поэтому выяснение условий образования этих месторождений возможно лишь с учетом состава и строения среды локализации полезных ископаемых, т.е. пород земной коры. Принято считать, что 15-20 км ее верхней части состоит на 95% из магматических и метаморфических пород и на 5% из осадочных. Химический состав этой части земной коры по подсчетам Ф.Кларка, В.И.Вернадского, А.Е.Ферсмана, А.П. Виноградова и других ученых выражается (в %) такими средними величинами (кларками): О-47,0; Si-29,5; Al-8,05; Fe-4,65; Ca-2,96; Na-2,50; K-2,50; Mg-1,87; H-1,00; Ti-0,45. На эти 10 элементов приходится по весу 99,58% всей земной коры, остальные встречаются в ней в очень незначительных количествах.

Разные химические элементы имеют различную способность образовывать самостоятельные минералы. Наибольшей такой способностью обладают кислород и кремний. По подсчетам А.Е.Ферсмана главнейшими минералами земной коры (в %) являются: полевые шпаты – 55; мета- и ортосилкаты – 15; кварц и его разновидности – 12; вода в разных видах – 9; слюды – 3; магнетит, гематит – 3; глины – 1,5; кальцит-доломит – 1,5. Зная кларки и минеральный состав земной коры (таблица 2.4) можно вычислить массы химических элементов в  $1\text{км}^3$  горных пород. Количество железа, например, в  $1\text{км}^3$  составляет  $130 \cdot 10^6$  т, никеля 500 тис. т, меди – 250 тис. т, урана – 10 тис. т, а золота – 13 т. Таким образом, основное количество металлов рассеяно в горных породах в кларковых количествах и лишь небольшая их часть сосредоточена в рудных месторождениях. Следовательно,

будь-яке родовище корисних копалин є винятковим природним явищем, і найголовніше завдання дослідника – визначити геологічні і фізико-хімічні умови його утворення. Здатність до концентрації чи розсіювання елементів визначається їхніми геохімічними особливостями, тобто будовою атомів, форм хімічних зв'язків, потенціалів іонізації та інших важливих рис. Усі вони в остаточному підсумку залежать від положення елементів у періодичній таблиці Д.І. Менделєєва.

Г. Вашингтон запропонував розділити всі елементи цієї таблиці на петрогенні і металогенні. *Петрогенні* елементи відносяться до верхньої частини періодичної таблиці і тому мають відносно малі атомні маси. Вони входять головним чином до складу гірських порід земної кори і складають основну масу неметалевих корисних копалин. Характеризуючись спорідненістю з киснем, зустрічаються в основному у вигляді силікатів, оксидів, карбонатів, сульфатів і фосфатів. При ендегенних процесах вони не утворюють, як правило, різко підвищених концентрацій, а мають властивість накопичуватися в ендегенних умовах, внаслідок чого виникають великі родовища солей, гіпсу, фосфоритів, вапняків та інших корисних копалин. *Металогенні* елементи знаходяться в нижній частині періодичної таблиці Д.І. Менделєєва і мають великі атомні маси. Вони складають в основному руди металевих корисних копалин і в дуже невеликій кількості (крім заліза) містяться в породах земної кори. Для них характерна спорідненість із сіркою, у зв'язку з чим вони зустрічаються в природі, головним чином у вигляді сульфідів, хоча деякі з них відомі в самородному стані (золото, мідь, срібло). Глибокі розходження у властивостях петрогенних і металогенних

любое месторождение полезного ископаемого является исключительным природным явлением, и главнейшая задача исследователя – определить геологические и физико-химические условия его образования. Способность к концентрации или рассеиванию элементов определяется их геохимическими особенностями, т.е. строением атомов, форм химических связей, потенциалов ионизации и другими важными чертами. Все они в конечном итоге зависят от положения элементов в периодической таблице Д.И.Менделеева.

Г.Вашингтон предложил разделить все элементы этой таблицы на петрогенные и металогенные. *Петрогенные* элементы приурочены к верхней части периодической таблицы и поэтому имеют относительно малые атомные массы. Они входят главным образом в состав горных пород земной коры и составляют основную массу неметаллических полезных ископаемых. Характеризуясь сродством с кислородом, встречаются в основном в виде силикатов, оксидов, карбонатов, сульфатов и фосфатов. При эндегенных процессах они не образуют, как правило, резко повышенных концентраций, а имеют свойство накапливаться в эндегенных условиях, в результате чего возникают крупные месторождения солей, гипса, фосфоритов, известняков и других полезных ископаемых. *Металогенные* элементы находятся в нижней части периодической таблицы Д.И.Менделеева и имеют большие атомные массы. Они составляют в основном руды металлических полезных ископаемых и в очень небольшом количестве (кроме железа) содержатся в породах земной коры. Для них характерно сродство с серой, в связи с чем они встречаются в природе главным образом в виде сульфидов, хотя некоторые из них известны в самородном состоянии (золото, медь, серебро). Глубокие различия в свойствах петрогенных и метал-



елементів обумовлені головним чином тим, що перші утворюють іони з вісьма електронами в зовнішній оболонці, а інші - з вісімнадцятьма. Ця обставина вирішальним чином впливає на їхню здатність віддавати чи захоплювати електрони в ході хімічних реакцій у земній корі. При цьому одні елементи накопичуються в глибинних умовах у зв'язку з магматичними процесами, а інші – у поверхневих, що відносяться до осадових утворень, треті можуть давати концентрації і в тих, і в інших умовах. Цей зв'язок різних хімічних елементів і їхніх скупчень з різними гірськими породами був уже давно помічений вченими і практиками. Він і зараз широко використовується при пошукових і розвідувальних роботах, тому встановлення закономірних зв'язків металевих і неметалевих корисних копалин з магматичними, осадовими і метаморфічними породами має велике практичне значення. Найбільше типові зв'язки родовищ з визначеними породами наведені в таблиці 2.3.

логенных элементов обусловлены главным образом тем, что первые образуют ионы с восемью электронами во внешней оболочке, а вторые - с восемнадцатью. Это обстоятельство решающим образом влияет на их способность отдавать или захватывать электроны в ходе химических реакций в земной коре. При этом одни элементы накапливаются в глубинных условиях в связи с магматическими процессами, а другие – в поверхностных, будучи приурочены к осадочным образованиям, третьи могут давать концентрации и в тех, и в других условиях. Эта связь различных химических элементов и их скоплений с разными горными породами была уже давно замечена учеными и практиками. Она и сейчас широко используется при поисковых и разведочных работах, поэтому установление закономерных связей металлических и неметаллических полезных ископаемых с магматическими, осадочными и метаморфическими породами имеет большое практическое значение. Наиболее типичные связи месторождений с определенными породами приведены в таблице 2.3.

*Контрольні питання до глави II*

1. Що таке мономінеральні і полімінеральні руди? Наведіть приклади.
2. Визначення поняття «структура руд», значення його вивчення.
3. Текстури руд, їх наукове і практичне значення.
4. Методи вивчення корисних копалин.
5. Ендогенні родовища та умови їх утворення. Наведіть приклади.
6. Магматичні родовища.
7. Пегматитові родовища та їх генезис.
8. Особливості карбонатитових родовищ, їх генезис.
9. Скарнові родовища, умови їх утворення.
10. Альбітит-грейзенові родовища, їх корисні копалини.
11. Гідротермальні родовища, їх підрозділ.
12. Колчеданні родовища і їх генезис.
13. Екзогенні родовища, їх особливості і класифікація.
14. Глинисте і латеритне вивітрювання. Наведіть приклади.
15. Умови утворення інфільтраційних родовищ.
16. Розсипові родовища. Наведіть приклади.
17. Осадкові родовища, їх підрозділ. Наведіть приклади.
18. Вулканогенно-осадкові родовища, їх генезис.
19. Метаморфогенні родовища та умови їх утворення.
20. Хімічний склад земної кори. Кларки.
21. Мінеральний склад земної кори.
22. Металогенні і петрогенні хімічні елементи, їхня характеристика.
23. Зв'язок корисних копалин з гірськими породами.

*Контрольные вопросы и задания к главе II*

1. Что такое мономинеральные и полиминеральные руды? Примеры.
2. Определение «структура руд», значение её изучения.
3. Текстуры руд, их научное и практическое значение.
4. Методы изучения полезных ископаемых.
5. Эндогенные месторождения и условия их образования. Примеры.
6. Магматические месторождения.
7. Пегматитовые месторождения и их генезис.
8. Особенности карбонатитовых месторождений, их генезис.
9. Скарновые месторождения, условия их образования.
10. Альбитит-грейзеновые месторождения, их полезные ископаемые.
11. Гидротермальные месторождения, их подразделение.
12. Колчеданные месторождения и их генезис.
13. Экзогенные месторождения, их особенности и классификация.
14. Глинистое и латеритное выветривание. Примеры.
15. Условия образования инфильтрационных месторождений.
16. Россыпные месторождения. Примеры.
17. Осадочные месторождения, их подразделение. Примеры.
18. Вулканогенно-осадочные месторождения, их генезис.
19. Метаморфогенные месторождения и условия их образования.
20. Химический состав земной коры. Кларки.
21. Минеральный состав земной коры.
22. Металлогенные и петрогенные химические элементы, их характеристика.
23. Связь полезных ископаемых с горными породами.

## НАЙГОЛОВНІШІ РУДНІ МІНЕРАЛИ

Метал	Мінерал	Хімічна формула	Вміст металу в мінералі, %
1	2	3	4
1 Мінерали металевих родовищ			
Залізо	Магнетит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	72
	Гематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	70
	Лімоніт	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	48-63
	Сидерит	$\text{FeCO}_3$	48
	Шамозит, тюрингіт	$\text{Fe}_4\text{Al}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}] \cdot [\text{OH}]_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	28-37
Марганець	Піролюзит	$\text{MnO}_2$	63
	Манганіт	$\text{MnO}_2 \cdot \text{Mn}(\text{OH})_2$	62
	Псиломелан	$m\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	45
	Брауніт	$\text{Mn}_2\text{O}_3$	69
	Гаусманіт	$\text{Mn}_3\text{O}_4$	72
	Родохрозит	$\text{MnCO}_3$	48
Хром	Хроміт	$\text{FeCr}_2\text{O}_4$	46
Титан	Рутил	$\text{TiO}_2$	60
	Ільменіт	$\text{FeTiO}_2$	32
Нікель	Пентландит	$(\text{Ni}, \text{Fe})\text{S}$	24-42
	Нікелін	$\text{NiAs}$	44
	Мілерит	$\text{NiS}$	65
	Анабергит	$\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	37
	Гарнієрит	$(\text{Ni}, \text{Mg})_4[\text{Si}_4 \cdot \text{O}_{10}][\text{OH}]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	46
Кобальт	Кобальтин	$\text{CoAsS}$	35
	Шмальтин	$\text{CoAs}_{2-3}$	28
	Лінеїт	$\text{Co}_3\text{O}_4$	58
	Асболан	$\text{M} \cdot (\text{Co}, \text{Ni})\text{O} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	до 32% CoO
	Еритрин	$\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	37,5% CoO
Молібден	Молібденіт	$\text{MoS}_2$	60
Вольфрам	Вольфраміт	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	60
	Шееліт	$\text{CaWO}_4$	64
Ванадій	Ванадиніт	$\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$	11
	Патроніт	$\text{VS}_4$	28

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Мідь	Халькопірит	$\text{CuFeS}_2$	35
	Борніт	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	63
	Халькозин	$\text{Cu}_2\text{S}$	80
	Ковелін	$\text{CuS}$	66
	Куприт	$\text{Cu}_2\text{O}$	89
	Енаргіт	$\text{Cu}_3\text{AsS}_4$	48
Свинець	Галеніт	$\text{PbS}$	86
	Церусит	$\text{PbCO}_3$	77
	Англезит	$\text{PbSO}_4$	68
Цинк	Сфалерит	$\text{ZnS}$	67
	Смітсоніт	$\text{ZnCO}_3$	52
	Каламін	$\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{OH}]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	54
Олово	Каситерит	$\text{SnO}_2$	78
	Станін	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	27
Алюміній	Діаспор	$\text{AlO}_2$	47
	Беміт	$\text{AlOOH}$	47
	Гідраргіліт (гібсит)	$\text{Al}(\text{OH})_3$	36
	Нефелін	$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	19
Магній	Магнезит	$\text{MgCO}_3$	29
	Доломіт	$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	13
	Карналіт	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	9
	Бішофіт	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	12
Літій	Сподумен	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	4
	Лепідоліт	$\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{F}_1\text{OH}]_2$	3,5
Берилій	Берил	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	5
	Бертрандит	$\text{Be}_4[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{OH}]_2$	57
Золото	Самородне золото	$\text{Au}$	85-96
Срібло	Самородне срібло	$\text{Ag}$	100
	Аргентит	$\text{Ag}_2\text{S}$	87
Ртуть	Кіновар	$\text{HgS}$	86
Сурма	Антимоніт	$\text{Sb}_2\text{S}_3$	71

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Уран	Уранова слюдка	UO <sub>2</sub>	74
	Карнотит	K <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> [VO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	63
	Торберніт	Cu(UO <sub>2</sub> )(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	52
Торій	Торит	Th[SiO <sub>4</sub> ]	72
	Монацит	(Cl,Th,La)[PO <sub>4</sub> ]	2-24
Рідкісні землі	Бастнезит	(Ce,La)[CO <sub>3</sub> ] F	70
	Паризит	Ca(Ce,La) <sub>2</sub> [CO <sub>3</sub> ] <sub>3</sub> ·F <sub>2</sub>	до 50
	Лопарит	(Ce,Na,Ca)(Ti,Nb)O <sub>3</sub>	до 19

Таблица 2.1

## ГЛАВНЕЙШИЕ РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ

Металл	Минерал	Химическая формула	Содержание металла в минерале, %
1	2	3	4
I Минералы металлических месторождений			
Железо	Магнетит	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	72
	Гематит	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70
	Лимонит	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O	48-63
	Сидерит	FeCO <sub>3</sub>	48
	Шамозит, тюрингит	Fe <sub>4</sub> Al[Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> ]·[OH] <sub>6</sub> ·nH <sub>2</sub> O	28-37
Марганец	Пирролюзит	MnO <sub>2</sub>	63
	Манганит	MnO <sub>2</sub> ·Mn(OH) <sub>2</sub>	62
	Псиломелан	mMnO·MnO <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	45
	Браунит	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69
	Гаусманит	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	72
	Родохрозит	MnCO <sub>3</sub>	48
Хром	Хромит	FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	46
Титан	Рутил	TiO <sub>2</sub>	60
	Ильменит	FeTiO <sub>2</sub>	32
Никель	Пентландит	(Ni, Fe)S	24-42
	Никелин	NiAs	44
	Миллерит	NiS	65
	Аннабергит	Ni <sub>3</sub> [AsO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	37
	Гарниерит	(Ni,Mg) <sub>4</sub> [Si <sub>4</sub> ·O <sub>10</sub> ][OH] <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	46

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
Кобальт	Кобальтин	$\text{CoAsS}$	35
	Шмальтин	$\text{CoAs}_{2-3}$	28
	Линнеит	$\text{Co}_3\text{O}_4$	58
	Асболан	$\text{M} \cdot (\text{Co}, \text{Ni})\text{O} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	до 32% CoO
	Эритрин	$\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	37,5% CoO
Молибден	Молибденит	$\text{MoS}_2$	60
Вольфрам	Вольфрамит	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	60
	Шеелит	$\text{CaWO}_4$	64
Ванадий	Ванадинит	$\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$	11
	Патронит	$\text{VS}_4$	28
Медь	Халькопирит	$\text{CuFeS}_2$	35
	Борнит	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	63
	Халькозин	$\text{Cu}_2\text{S}$	80
	Ковеллин	$\text{CuS}$	66
	Куприт	$\text{Cu}_2\text{O}$	89
	Энаргит	$\text{Cu}_3\text{AsS}_4$	48
Свинец	Галенит	$\text{PbS}$	86
	Церуссит	$\text{PbCO}_3$	77
	Англезит	$\text{PbSO}_4$	68
Цинк	Сфалерит	$\text{ZnS}$	67
	Смитсонит	$\text{ZnCO}_3$	52
	Каламин	$\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{OH}]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	54
Олово	Касситерит	$\text{SnO}_2$	78
	Станнин	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	27
Алюминий	Диаспор	$\text{AlO}_2$	47
	Бёмит	$\text{AlOOH}$	47
	Гидраргиллит (гиббсит)	$\text{Al}(\text{OH})_3$	36
	Нефелин	$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	19
Магний	Магнезит	$\text{MgCO}_3$	29
	Доломит	$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	13
	Карналлит	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	9
	Бишофит	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	12

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
Литий	Сподумен	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	4
	Лепидолит	$\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{F}_1\text{OH}]_2$	3,5
Бериллий	Берилл	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	5
	Гентгельвин	$\text{Zn}_8\text{S}_2[\text{BeSiO}_4]_6$	12,6
	Берtrandит	$\text{Be}_4[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{OH}]_2$	57
Золото	Самородное золото	Au	85-96
Серебро	Самородное серебро	Ag	100
	Аргентит	$\text{Ag}_2\text{S}$	87
Ртуть	Кинноварь	$\text{HgS}$	86
Сурьма	Антимонит	$\text{Sb}_2\text{S}_3$	71
Уран	Урановая слюдка	$\text{UO}_2$	74
	Карнотит	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	63
	Торбернит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	52
Торий	Торит	$\text{Th}[\text{SiO}_4]$	72
	Монацит	$(\text{Cl}, \text{Th}, \text{La})[\text{PO}_4]$	2-24
Редкие земли	Бастнезит	$(\text{Ce}, \text{La})[\text{CO}_3] \text{F}$	70
	Паризит	$\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La})_2[\text{CO}_3]_3 \cdot \text{F}_2$	до 50
	Лопарит	$(\text{Ce}, \text{Na}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$	до 19

Таблиця 2.2

## ГОЛОВНІ МІНЕРАЛИ НЕМЕТАЛЕВИХ РОДОВИЩ

Мінерал	Хімічна формула
Галіт	NaCl
Сильвін	KCl
Карналіт	KCl·MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
Флюорит	Ca <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
Апатит	Ca <sub>5</sub> [PO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> [F,Cl]
Барит	BaSO <sub>4</sub>
Сірка	S
Кварц	SiO <sub>2</sub>
Графіт	C
Алмаз	C
Каолініт	Al <sub>4</sub> [S <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] [OH] <sub>8</sub>
Польовий шпат (ортоклаз)	K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]
Хризотил-азбест	Mg <sub>6</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ][OH] <sub>6</sub> ·H <sub>2</sub> O
Мусковіт	KAl <sub>2</sub> [Si <sub>3</sub> Al <sub>10</sub> ][OH] <sub>2</sub>
Флогопіт	KMg <sub>3</sub> [Si <sub>3</sub> Al <sub>10</sub> ][F,OH] <sub>2</sub>
Тальк	Mg <sub>3</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] [OH] <sub>2</sub>
Гіпс	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Ставроліт	2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [SiO <sub>4</sub> ] Fe(OH) <sub>2</sub>

Таблиця 2.2

## ГЛАВНЫЕ МИНЕРАЛЫ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Мінерал	Хімічна формула
Галіт	NaCl
Сильвін	KCl
Карналіт	KCl·MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
Флюорит	CaF <sub>2</sub>
Апатит	Ca <sub>5</sub> [PO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> [F,Cl]
Барит	BaSO <sub>4</sub>
Сера	S
Кварц	SiO <sub>2</sub>
Графіт	C
Алмаз	C
Каолініт	Al <sub>4</sub> [S <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] [OH] <sub>8</sub>
Полевой шпат (ортоклаз)	K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]
Хризотил-асбест	Mg <sub>6</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ][OH] <sub>6</sub> ·H <sub>2</sub> O
Мусковіт	KAl <sub>2</sub> [Si <sub>3</sub> Al <sub>10</sub> ][OH] <sub>2</sub>
Флогопіт	KMg <sub>3</sub> [Si <sub>3</sub> Al <sub>10</sub> ][F,OH] <sub>2</sub>
Тальк	Mg <sub>3</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] [OH] <sub>2</sub>
Гіпс	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Ставроліт	2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [SiO <sub>4</sub> ] Fe(OH) <sub>2</sub>



Таблица 2.3

ЗМІНА ВМІСТУ (г/т) ТИПОМОРФНИХ МЕТАЛІВ В АЛЬБІТИТАХ І ГРЕЙЗЕНАХ ПО  
ГРАНІТАХ (ЗА В.І.СМИРНОВИМ)

Метал	Кларк, г/т	Граніти		Альбітита	Грейзени
		безрудні	рудоносні		
Nb	2,0	26	61	1000	немає зведень
Be	5,5	3	17	72	1000
Li	40,0	40	140	100	1000
Sn	3,0	5	26	50	3000
W	1,5	2	40	5	5000

Таблица 2.3

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЙ (Г/Т) ТИПОМОРФНЫХ МЕТАЛЛОВ В АЛЬБИТИТАХ И  
ГРЕЙЗЕНАХ ПО ГРАНИТАМ (ПО В.И.СМИРНОВУ)

Металл	Кларк, г/т	Граниты		Альбититы	Грейзены
		безрудные	рудоносные		
Nb	2,0	26	61	1000	нет сведений
Be	5,5	3	17	72	1000
Li	40,0	40	140	100	1000
Sn	3,0	5	26	50	3000
W	1,5	2	40	5	5000

Таблиця 2.4

НАЙБІЛЬШЕ РОЗПОВСЮДЖЕНІ КЛАРКИ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І  
МІНЕРАЛІВ ЗЕМНОЇ КОРИ (у %)

Хімічні елементи (у %)	Кларки	Мінерали	Кількість у земній корі (%)
O	47,0	Полеві шпати	55
Si	29,5	Мета-, ортосилікати	15
Al	8,05	Кварц, його різновиди	12
Fe	4,65	Вода в різних видах	9
Ca	2,96	Слюди	3
Na	2,50	Магнетит і гематит	3
K	2,50	Глини	1,5
Mg	1,87	Кальцит, доломіт	1,5
H	1,00		

Таблиця 2.4

НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ КЛАРКИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И  
МИНЕРАЛЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ (в %)

Химические элементы	Кларки (в %)	Минералы	Количество в земной коре (%)
O	47,0	Полевые шпаты	55
Si	29,5	Мета-, ортосиликаты	15
Al	8,05	Кварц, его разновидности	12
Fe	4,65	Вода в разных видах	9
Ca	2,96	Слюды	3
Na	2,50	Магнетит и гематит	3
K	2,50	Глины	1,5
Mg	1,87	Кальцит, доломит	1,5
H	1,00		

## ЗВ'ЯЗОК РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН З ГІРСЬКИМИ ПОРОДАМИ

Групи порід	Назва порід	Характерні корисні копалини	Приклади родовищ
Ультраосновні глибинні	Дуніти Піроксеніти Кімберліти Серпентиніти	Gr, Pt, Pd, Jr, OS  Алмаз Азбест	Бушвельд (ПАР), Кемпирсай (П.Урал) Якутія, П.Африка Урал, Канада
Основні глибинні	Габро, норити, габродіабази, діабази	Cu, Ni, Pt, Pd, Co	Норильськ (Росія), Садбері (Канада)
Середні глибинні	Гранодіорити і їхні похідні	Fe, Mo, W у скарнах	м. Магнітна (Урал), Тирни-ауз (Кавказ)
Кислі глибинні	Граніти біотитові Пегматити Гранітні	Sn, W, Mo, Bi Li, Be, Ta, Nb, TR Слюди	Альтенберг (Німеччина) Канада, США, Норвегія, Східний Сибір
Лужні глибинні	Нефелінові сієніти і їхні різновиди	Ti, Nb, TR, Zr Апатит	Кольський п-ов (Росія), Приазов'я (Україна)
Кора вивітрювання основних і лужних порід	Латерити, Кіраса	Fe, Ni, Al	Гвінея, о.Нова Каледонія, Австралія
Осадкові континентальні і морські утворення	Пісковики, піски  Вуглисто-глинисті сланці, пісковики, вугілля	Ti, Zr, Th  U, Ge	Україна, Австралія, Індія, Бразилія Україна, США, Канада
Соленосні відкладення	Ангідрити, доломіти, соленосні породи	Солі Na, K, Mg і гіпси	Україна, Росія, Німеччина
Докембрійські метаморфічні утворення	Залістисті кварцити  Конгломерати	Fe  Au, U, TR	Кривий Ріг, Курська магнітна аномалія (Росія) Вітватерсранд (ПАР)

## СВЯЗЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ

Группы пород	Название пород	Характерные полезные ископаемые	Примеры месторождений
Ультраосновные глубинные	Дуниты Пироксениты Кимберлиты Серпентиниты	Gr, Pt, Pd, Jr, OS  Алмаз Асбест	Бушвельд (ЮАР), Кемпирсай (Ю.Урал) Якутия, Ю.Африка Урал, Канада
Основные глубинные	Габбро, нориты, габбродиабазы диа- базы	Cu, Ni, Pt, Pd, Co	Норильск (Россия), Садбери (Канада)
Средние глубинные	Гранодиориты и их производные	Fe, Mo, W в скарнах	г.Магнитная (Урал), Тырны-ауз (Кавказ)
Кислые глубинные	Граниты биотитовые Пегматиты Гранитные	Sn, W, Mo, Bi Li, Be, Ta, Nb, TR Слюды	Альтенберг (ФРГ) Канада, США, Норве- гия, Восточная Сибирь
Щелочные глубинные	Нефелиновые сиени- ты и их разновидно- сти	Ti, Nb, TR, Zr Апатит	Кольский п-ов (Рос- сия), Приазовье (Ук- раина)
Кора выветривания основных и ще- лочных пород	Латериты, Кираса	Fe, Ni, Al	Гвинея, о.Новая Кале- дония, Австралия
Осадочные конти- нентальные и мор- ские образования	Песчаники, пески  Углисто-глинистые сланцы, песчаники, угли	Ti, Zr, Th  U, Ge	Украина, Австралия, Индия, Бразилия Украина, США, Кана- да
Соленосные отло- жения	Ангидриты, долами- ты, соленосные по- роды	Соли Na, K, Mg и гипсы	Украина, Россия, ФРГ
Докембрийские метаморфические образования	Железистые кварци- ты  Конгломераты	Fe  Au, U, TR	Кривой Рог, Курская магнитная аномалия (Россия) Витватерсранд (ЮАР)

## ГЛАВА III ГЕОЛОГИЯ РУДНЫХ РОДОВИЩ

### ГЛАВА III ГЕОЛОГИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

#### 3.1 Введення

Рудою називається мінеральний агрегат, з якого технологічно можливо й економічно доцільно витягати метали, їхні сполуки або мінерали. Руди, що добуваються з надр, як правило піддаються *збагаченню* з метою збільшення відносного вмісту металу за рахунок видалення нерудних (неметалевих) мінералів. Після цього збагачені руди надходять на металургійні заводи для виплавки металу. У рудах нерідко містяться домішки різних елементів, наприклад, сірки, миш'яку, фосфору та інших, що погіршують якість металу й ускладнюють технологію металургійного процесу. Руди також можуть містити корисні компоненти, і тоді вони оцінюються як *комплексні*. Наприклад, деякі залізні руди Криворізького басейну містять золото до 1г/т і більше, руди заліза Уралу супроводжуються титаном, ванадієм і т.д. Тому розробка й удосконалювання технології процесів збагачення з метою комплексного використання мінеральної сировини і максимального витягування корисних речовин з руд є однією з найважливіших народно-господарських задач.

Існують різні класифікації руд, у даному підручнику прийняте угруповання промислових типів руд з обліком їх генетичної приналежності (див. табл. ). На сьогоднішній день виявлено більше 20 тис. реальних родовищ на території Землі, з яких 45 унікальних і 80 дуже великих і великих родовищ містять велику частину запасів рудної мінеральної сировини. У главі наведений огляд найбі-

#### 3.1 Введение

Рудой называется минеральный агрегат, из которого технологически возможно и экономически целесообразно извлекать металлы, их соединения или минералы. Извлекаемые из недр руды обычно подвергаются *обогащению* с целью увеличения относительного содержания металла за счет удаления нерудных (неметаллических) минералов. После этого обогащенные руды поступают на металлургические заводы для выплавки металла. В рудах нередко содержатся примеси различных элементов, например, серы, мышьяка, фосфора и других, ухудшающие качество металла и усложняющие технологию металлургического процесса. Руды также могут содержать полезные компоненты, и тогда они оцениваются как *комплексные*. Например, некоторые железные руды Криворожского бассейна содержат золото до 1г/т и более, руды железа Урала сопровождаются титаном и ванадием и т.д. Поэтому разработка и совершенствование технологии процессов обогащения с целью комплексного использования минерального сырья и максимального извлечения полезных веществ из руд является одной из важнейших народно-хозяйственных задач.

Существуют различные классификации руд, в данном учебнике принята группировка промышленных типов руд с учетом генетической их принадлежности (см. табл. ). К настоящему времени выявлено более 20 тыс. реальных месторождений на территории Земли, из которых 45 уникальных и 80 очень крупных и крупных месторождений содержат большую часть запа-

льше представницьких родовищ чорних (залізо, марганець, хром, титан), кольорових (алюміній, мідь, свинець і цинк, нікель, кобальт, олово, вольфрам, молібден, магній, ртуть і сурма, вісмут), рідкісних (літій, рубідій і цеїзій, берилій, ітрій і лантаноїди, циркон і гафній, ніобій і тантал, скандій, германій, кадмій, галій, талій, реній, індій, селен, телур), благородних (золото, срібло, платина та платиноїди) і радіоактивних (уран, торій) металів. Опис родовищ 40 металів і їхніх парагенезисів уніфіковано. Подаються історичні відомості про метали, сфери їхнього застосування, запаси, видобуток, ціни на сировину, вимоги промисловості до якості і масштабу запасів руд. Висвітлюються також головні відомості з геохімії і мінералогії описуваного металу, характеризуються промислово-генетичні типи родовищ і наводяться приклади.

## 3.2 Чорні метали

### 3.2.1 Загальні відомості

До чорних металів відноситься залізо і інші метали, що додаються до нього в процесі металургійного переділа, марганець, хром, титан і ванадій, які поліпшують якість виплавляемого металу. Чорні метали, особливо залізо, складають разом з енергетичною сировиною найважливішу матеріальну основу сучасного суспільства. Розмірами споживання чавуну і сталі визначається рівень економічного і технічного розвитку країни, її обороноздатність. Виробництво чавуну і сталі в усьому світі безупинно зростає, при цьому особлива увага приділяється їх якості. У 2004р. найбільшими виробниками сталі є

сов рудного мінерального сиров'язь. В главі приведено огляд найбільш представителних місцорождених чорних (железо, марганець, хром, титан), цвєтних (алюміній, медь, свинець і цинк, нікель, кобальт, олово, вольфрам, молибден, магній, ртуть і сурьма, висмут), рєдких (літій, рубидий і цеїзій, бериллий, иттрий и лантаноиды, циркон и гафний, ниобий и тантал, скандий, германий, кадмий, галлий, таллий, рений, индий, селен, теллур), благородных (золото, серебро, платина и платиноиды) и радиоактивных (уран, торий) металлов. Описание месторождений 40 металлов и их сообществ унифицировано. Сообщаются исторические сведения о металлах, областях их применения, запасах, добыче, ценах на сырье, требования промышленности к качеству и масштабу запасов руд. Освещаются также главные сведения по геохимии и минералогии описываемого металла, характеризуются промышленно-генетические типы месторождений и приводятся их примеры.

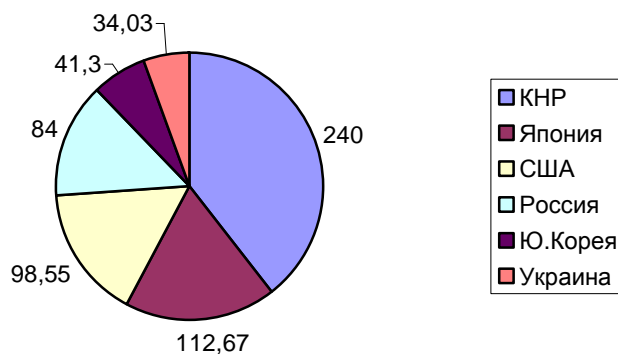
## 3.2 Черные металлы

### 3.2.1 Общие сведения

К черным металлам относится железо и другие металлы, добавляемые к нему в процессе металлургического передела, марганец, хром, титан и ванадий, которые улучшают качество выплавляемого металла. Черные металлы, особенно железо, составляют вместе с энергетическим сырьем важнейшую материальную основу современного общества. Размерами потребления чугуна и стали, определяется уровень экономического и технического развития страны, ее обороноспособность. Производство чугуна и стали во всем мире непрерывно растет, при этом особое внимание уделяется их качеству. В 2004г круп-

десять країн світу – від КНР (240 млн.т) до Італії (32 млн.т). Україна знаходиться на сьомому місці у світі (34 млн.т), Росія (84 млн.т) на четвертому (мал.3.1).

нейшими производителями стали являлись десять стран мира – от КНР (240 млн.т) до Италии (32 млн.т). Украина на седьмом месте в мире (34 млн.т), Россия (84 млн.т) на четвертом (рис.3.1).



Мал. 3.1. Світове виробництво сталі за 2004 рік, млн.тон.  
Рис. 3.1. Мировое производство стали за 2004 год, млн. тонн.

У Японії, Франції, Італії і США до 95% виплавленої сталі, (в усьому світі 60%) розливається безупинним способом, винайденим і вперше випробуваним в м. Донецьку в 1957р. В Україні цим способом розливають сьогодні близько 10%, а в Росії – ~20% сталі. За обсягом споживання і вартості продукції залізо у світі посідає третє місце після нафти і вугілля. Світове виробництво товарних залізних руд наприкінці ХХст. перевищило 1млрд.т. У світі всього в 2000 р. було виготовлено 850 млн.т сталі в порівнянні з 800млн.т у 1999 р. У зв'язку з технічним прогресом відзначається збільшення випуску високоякісних сталей і чавуну, що викликає зростання споживання легуючих металів. На 1т виплавленої сталі в США, а також інших країнах у середньому витрачається марганцю – 6,9кг, хрому – 1,5, титану і ванадію – по 0,02кг, нікелю – 0,5кг. Споживання і видобуток цих металів в усьому світі зростає відносно швидше від росту видобутку і відпрацювання залізних руд. Основні їхні

В Японії, Франції, Італії і США до 95% виплавленої сталі, (во всем мире 60%) розливається безупинним способом, винайденим і вперше випробуваним в г.Донецьке в 1957г. В Україні цим способом розливають в настоящее время около 10%, а в России – ~20% сталі. По обсягу споживання і вартості продукції залізо в світі займає третє місце після нафти і вугілля. Мировое производство товарных железных руд в конце ХХв превысило 1млрд.т. В мире всего в 2000г было произведено 850млн.т сталі по сравнению с 800млн.т 1999г. В связи с техническим прогрессом отмечается увеличение выпуска высококачественных сталей и чугуна, что вызывает рост потребления специальных, так называемых легирующих металлов. На 1т выплавляемой стали в США, а также других странах в среднем расходуется марганца – 6,9кг, хрома – 1,5, титана и ванадия – по 0,02кг, никеля – 0,5кг. Потребление и добыча этих металлов во всем мире возрастает относительно быстрее роста добычи и отработки железных руд.

типи такі:

1. Магнетитові (магнітні залізняка), полумартитові та мартитові, що містять до 50-65% заліза.

2. Титаномагнетитові, що містять до 55% заліза і до 20% двоокису титану.

3. Гематитові і гідрогематитові (червоні залізняка), що містять до 50-66% заліза.

4. Гідрогетитові (бурі залізняка), що містять до 40-50% заліза.

5. Сидеритові (карбонатні), що містять у середньому 30-35% заліза.

6. Залізисто-хлоритові (силикатні), що містять у середньому 25-40% заліза.

На даний час запаси залізних руд розвідані в 95 країнах і складають 300 млрд.т. Найбільшими розвіданими запасами володіють Україна, Росія, Австралія, Бразилія, Канада, США та інші країни.

До дуже великих відносяться родовища заліза з розвіданими запасами більше 1млрд.т, до великих і середніх – сотні мільйонів тонн., дрібних – у десятки мільйонів тонн.

### 3.2.2 Залізо

Залізо (метеоритне) відомо людині з IV-III тисячоліття до н.е., а в I тисячолітті до н.е., коли навчилися виплавляти залізо з бурих залізників на деревному вугіллі, наступило «залізне» століття, що змінило «бронзове». Найбільше інтенсивно залізо використовується з XVII-XVIIIст. у зв'язку з розвитком доменного виробництва. У Росії поштовхом до розвитку металургії послужили реформи Петра I, перші домни на кам'яному вугіллі з'явилися в Донбасі в 1796 р. Далі важливими етапами розвитку чорної металургії була розробка бесемєрівського

Основные их типы следующие:

1. Магнетитовые (магнитные железняки), полумартитовые и мартитовые, содержащие до 50-65% железа.

2. Титаномагнетитовые, содержащие до 55% железа и до 20% двуокиси титана.

3. Гематитовые и гидрогематитовые (красные железняки), содержащие до 50-66% железа.

4. Гидрогетитовые (бурые железняки), содержащие до 40-50% железа.

5. Сидеритовые (карбонатные), содержащие в среднем 30-35% железа.

6. Железисто-хлоритовые (силикатные), содержащие в среднем 25-40% железа.

В настоящее время запасы железных руд разведаны в 95 странах и составляют 300млрд.т. Наибольшими разведанными запасами обладают Украина, Россия, Австралия, Бразилия, Канада, США и другие страны.

К весьма крупным относятся месторождения железа с разведанными запасами более 1млрд.т, к крупным и средним – сотни миллионов тонн., мелким – в десятки миллионов тонн.

### 3.2.2 Железо

Железо (метеоритное) известно человеку с IV-III тысячелетия до н.э., а в I тысячелетии до н.э., когда научились выплавлять железо из бурых железняков на древесном угле, наступил «железный» век, сменивший «бронзовый». Наиболее интенсивно железо используется с XVII-XVIIIвв. в связи с развитием доменного производства. В России толчком в развитии металлургии послужили реформы Петра I, первые домны на каменном угле появились в Донбассе в 1796г. В последующем важными этапами развития черной металлургии была разработка бесемєровского (1855), марте-



(1855), мартенівського (1864) і томасівського (1879) способів виплавки сталі.

З руд заліза виплавляється чавун, що містить 4-2,5% вуглероду, що переплавляється потім у сталь (1,5-0,2%С) і залізо (0,2- 0,04%С). На даний час в практику входить новий спосіб виплавки сталі безпосередньо з руд, що безсумнівно стане новим поштовхом у розвитку сталеливарної промисловості. Посилено розвивається у світі нова галузь – порошкова металургія, що дозволяє одержувати високоякісні сталі і складнолеговані сплави без застосування розплавлення основного компонента. При цьому готові вироби одержують пресуванням з термохімічною чи термічною обробкою порошку, що представляє собою високоякісний концентрат магнетиту із вмістом до 72% заліза.

Залізо є одним з найбільше розповсюджених хімічних елементів на Землі; середній вміст його в літосфері складає 4,65%, у глибоких шарах геосфери вміст його збільшується до 30% і більше. Внаслідок постійного обміну речовин у природі залізо поширене у всіх гірських породах як глибинного, так і поверхневого походження, входячи до складу майже 500 мінералів. Однак рудоутворюючими є: магнетит  $\text{Fe}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  (72%Fe), гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (70%Fe), бурий залізняк  $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot n_2\text{O}$  (до 62%Fe), сидерит  $\text{FeCO}_3$  (48%Fe), гідроалюмосилікати (до 40%Fe) і ільменіт  $\text{FeTiO}_3$ . Якість руд визначається не тільки рудоутворювальними мінералами, але і іншими мінералами, що містилися в рудах і домішках. Для залізних руд шкідливими є домішки S, P, As, вміст яких не повинен перевищувати, відповідно, 0,3, 0,3 і 0,07%. Більше високий вміст цих елементів призводить до використання спеціальних флюсів, зменшеує продук-

новського (1864) и томасовского (1879) способов выплавки стали.

Из руд железа выплавляется чугу́н, содержащий 4-2,5% углерода, переплавляемый затем в сталь (1,5–0,2%С) и железо (0,2–0,04%С). В настоящее время в практику входит новый способ выплавки стали непосредственно из руд, что, несомненно, послужит новым толчком в развитии сталелитейной промышленности. Усиленно развивается в мире новая отрасль – порошковая металлургия, позволяющая получать высококачественные стали и сложнолегированные сплавы без применения расплавления основного компонента. При этом готовые изделия получают прессованием с термохимической или термической обработкой порошка, представляющего собой высококачественный концентрат магнетита с содержанием до 72% железа.

Железо является одним из наиболее распространенным химических элементов на Земле; среднее содержание его в литосфере составляет 4,65вес.%, в глубоких слоях геосферы содержание его увеличивается до 30% и более. Вследствие постоянного обмена веществ в природе железо распространено во всех горных породах как глубинного, так и поверхностного происхождения, входя в состав почти 500 минералов. Однако рудообразующими являются: магнетит  $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  (72%Fe), гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (70%Fe), бурый железняк  $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$  (до 62%Fe), сидерит  $\text{FeCO}_3$  (48%Fe), гидроалюмосиликаты (до 40%Fe) и ильменит  $\text{FeTiO}_3$ . Качество руд определяется не только рудообразующими минералами, но и содержащимися в рудах другими минералами и примесями. Для железных руд вредными являются примеси S, P, As, содержание которых не должно превышать, соответственно, 0,3, 0,3 и 0,07%. Более высокое содержание этих элементов приводит к исполь-

тивність плавки, робить дорожчим процес і погіршує якість одержуваного металу.

Скупчення рудоутворюючих мінералів і формування родовищ заліза відбувається в різних умовах, у ході різних геологічних процесів. Тому серед родовищ заліза виділяються такі, які в економіці заліза відіграють велику роль (за запасами, видобутком і перспективністю).

В *ендогенних умовах* залізо концентрується в ультраосновних і основних магмах, асоціюючись з Cr, Mg, Al, Ti, V. При цьому формування власне залізородних родовищ пов'язано з породами основного складу (габро, габро-норити, анортозити). У ході магматичної чи кристалізаційної диференціації в них утворюються великі скупчення титано-залізистих мінералів, що при малому вмісті  $TiO_2$  (2-5%) використовуються як руди заліза, а з високотитанистих руд витягається також титан й іноді - ванадій. Прикладами родовищ титанистих руд заліза є Качканарське на Уралі, Пудозьке в Карелії. У загальному світовому виробництві залізних руд частка продукції родовищ даної групи невелика. До магматичного більшість дослідників відносить родовище апатит-магнетитових руд Кіруна у Швеції та ін.

Помітну роль у балансі світових запасів й у видобутку (7%) відіграють родовища *скарнові* або *контактово-метасоматичні*, що залягають у приконтатковій зоні карбонатних осадових або ефузивно-осадових порід з інтрузіями помірно-кислих гранітоїдів. Родовища характеризуються складним складом руд, у яких головним залізородним мінералом є магнетит, у меншій кількості присутній гематит, нерудні мінерали представлені кальцитом, гранатами, епі-

зованию специальных флюсов, уменьшает производительность плавки, удорожает процесс и ухудшает качество получаемого металла.

Скопление рудообразующих минералов и формирование месторождений железа происходит в различных условиях, в ходе различных геологических процессов. Поэтому среди месторождений железа выделяются такие, которые в экономике железа играют большую роль (по запасам, добыче и перспективности).

В *эндогенных условиях* железо концентрируется в ультраосновных и основных магмах, ассоциируясь с Cr, Mg, Al, Ti, V. При этом формирование собственно железородных месторождений связано с породами основного состава (габбро, габбро-нориты, анортозиты). В ходе магматической или кристаллизационной дифференциации в них образуются крупные скопления титано-железистых минералов, которые при малых содержаниях  $TiO_2$  (2-5%) используются как руды железа, а из высокотитанистых руд извлекается также титан и иногда ванадий. Примерами месторождений титанистых руд железа являются Качканарское на Урале, Пудожское в Карелии. В общем, мировом производстве железных руд доля продукции месторождений данной группы невелика. К магматическим большинство исследователей относят месторождение апатит-магнетитовых руд Кирюна в Швеции и др.

Заметную роль в балансе мировых запасов и в добыче (7%) играют месторождения *скарновые* или *контактово-метасоматические*, залегающие в приконтатковой зоне карбонатных осадочных или эфузивно-осадочных пород с интрузиями умеренно-кислых гранитоидов. Месторождения характеризуются сложным составом руд, в которых главным железородным минера-

дотом, амфіболами та ін. Усе це називається скарнами. На скарново-залізородну мінералізацію в такі стадії процесу нерідко накладається сульфідна, що негативно позначається на якості руд, збільшуючи їх сірчастість. Однак руди родовищ цієї групи містять у середньому 50% заліза (іноді до 67%). Рудні тіла є шаро- і лінзоподібні, а також складногілчасті форми з розмірами до декількох десятків метрів по потужності і до кілометра по простяганню.

Найбільше великими скарновими родовищами є гора Магнітна, гора Благодать та інші на Уралі, Соколовське, Сарбайське, Качарське та інші в Казахстані, Дашкесан на Кавказі, Тайгове та інші в Якутії. Великі родовища заліза в контактово-метасоматичних зонах відомі в США, Румунії, Марокко, Італії, Мексиці.

Серед гідротермальних родовищ заліза виділяються: а) формація високо-температурних гематит-магнетитових, магнезитоферитових руд, яка пов'язана з трапами (Ангаро-Илимська група родовищ у Сибіру), і б) формація середньонизькотемпературних жильних і гніздоподібних тіл сидеритових руд у метаморфізованих карбонатних породах (Бакальське на Південному Уралі, Ерцберг в Австрії, Яворник у Югославії та ін.). Масштаби деяких із цих родовищ значні, якість руд висока, і вони протягом багатьох десятиліть служать джерелом залізних руд.

*Екзогенні родовища заліза* підрозділяються на кілька генетичних груп: осадові морські, включаючи вулканогенно-осадового, осадові континентальні і родовища вивітрювання.

Осадові морські родовища відіграють в економіці руд заліза важливу роль. Найбільше великими представниками

лом является магнетит, в меньшем количестве присутствует гематит, нерудные минералы представлены кальцитом, гранатами, эпидотом, амфиболами и др. Все это обычно называется скарнами. На скарново-железородную минерализацию в последующие стадии процесса нередко накладывается сульфидная, что отрицательно сказывается на качестве руд, увеличивая их сернистость. Однако руды месторождений этой группы содержат в среднем 50% железа (иногда до 67%). Рудные тела имеют пласто- и линзовидную, а также сложноветвящиеся формы с размерами до нескольких десятков метров по мощности и до километра по простиранию.

Наиболее крупными скарновыми месторождениями являются гора Магнитная, гора Благодать и другие на Урале, Соколовское, Сарбайское, Качарское и другие в Казахстане, Дашкесан на Кавказе, Таёжное и другие в Якутии. Крупные месторождения железа в контактово-метасоматических зонах известны в США, Румынии, Марокко, Италии, Мексике.

Среди гидротермальных месторождений железа выделяются: а) формація високо-температурних гематит-магнетитових, магнезитоферитових руд, зв'язана з трапами (Ангаро-Илимская группа месторождений в Сибири), и б) формація середньонизькотемпературних жильних і гніздообразных тел сидеритовых руд в метаморфизованных карбонатных породах (Бакальское на Южном Урале, Эрцберг в Австрии, Яворник в Югославии и др.). Масштабы некоторых из этих месторождений значительные, качество руд высокое, и они в течение многих десятилетий служат источником железных руд.

*Екзогенні месторождения* заліза подразделяются на несколько генетических групп: осадочные морские, включая вулка-

даної групи родовищ є: поклади оолітових сидерит-шамозит-лімонітових руд Керченського півострова (Україна), Лотаринзького басейну, розташованого в основному на території Франції, частині у Німеччині, Люксембурзі і Бельгії; шамозитових – у Тюрінгії (Німеччина), Нормандії і Бретані (Франція) та ін.; оолітових гематитових руд – у Клінтоні (штат Алабама, США). Руди родовищ осадового морського генезису відрізняються підвищеним вмістом марганцю і відносяться до природно-легованих.

Осадкові континентальні родовища сформувалися при нагромадженні осадків озерно-болотних і річкових фацій. Такі родовища Східно-Європейської платформи (Ліпецьке, Тульське та ін.) і Тургайської провінції (Лисаківське та ін.), п-ва Ютландії в Данії та ін.

Серед розсипових утворень варто назвати прибережно-морські магнетит-ільменітові з рутилом розсипи Австралії, Африки, Індії і Новій Зеландії.

Родовища вивітрювання за умовами формування, якості руд, форми залягання і промислової цінності дуже різноманітні. Найбільше значення мають поклади залишкових руд, що виникли внаслідок вилуговування нерудних мінералів з високозалістистих порід (Яковлівське та інші на Російській платформі), і залістисті латерити (Калум у Гвінеї, Нікаро, Моа та ін. на Кубі). Менше значні родовища інфільтраційні (Алапаєвське на Уралі) і дрібні утворення залізних шляп у зонах окислювання колчеданних чи сидеритових родовищ.

Матаморфогенні родовища є найважливішими в балансі запасів і видобутку руд заліза. Вони залягають серед первинних осадових порід протерозою – архею, і піддалися регіональному метаморфізму. До

ногенно-осадочные, осадочные континентальные и месторождения выветривания.

Осадочные морские месторождения играют в экономике руд железа важную роль. Наиболее крупными представителями данной группы месторождений являются: залежи оолитовых сидерит-шамозит-лимонитовых руд Керченского полуострова (Украина), Лотарингского бассейна, расположенного в основном на территории Франции, частью в ФРГ, Люксембурге и Бельгии; шамозитовых – в Тюрингии (ФРГ), Нормандии и Бретани (Франция) и др.; оолитовых гематитовых руд – в Клинтоне (штат Алабама, США). Руды месторождений осадочного морского генезиса обычно отличаются повышенным содержанием марганца и относятся к природно-легованным.

Осадочные континентальные месторождения сформировались при накоплении осадков озерно-болотных и речных фаций. Таковы месторождения Восточно-Европейской платформы (Липецкое, Тульское и др.) и Тургайской провинции (Лисаковское и др.), п-ва Ютландии в Дании и др.

Среди россыпных образований следует назвать прибрежно-морские магнетит-ильменитовые с рутилом россыпи Австралии, Африки, Индии и Новой Зеландии.

Месторождения выветривания по условиям формирования, качеству руд, формам залегания и промышленной ценности весьма разнообразны. Наибольшее значение имеют залежи остаточных руд, возникших вследствие выщелачивания нерудных минералов из высокожелезистых пород (Яковлевское и др. на Русской платформе), и железистые латериты (Калум в Гвинее, Никаро, Моа и др. на Кубе). Менее значительны месторождения инфильтрационные (Алапаевское на Урале) и мелкие образования железных шляп в зонах окисления колчедан-

цієї групи відносяться родовища залізистих кварцитів Кривого Рогу, Приазов'я, Курської магнітної аномалії, Оленегорське (Кольський півострів), Карсакпайське (Казахстан), Малохинганське й Усурійське (Далекий Схід). Всесвітньо відомі родовища району Хамерслі в Австралії, оз.Верхнього в США, штатів Бихар, Орисса та інших в Індії, провінції Минас-Жейрас у Бразилії, а також у Південній Африці, Канаді, КНР та ін.

До метаморфогенних відносяться деякі родовища, що утворилися в приконтактних зонах інтрузивів під впливом теплового потоку без привнесення заліза, наприклад Холзунське на Алтаї.

Розглянемо деякі родовища заліза різних промислово-генетичних груп.

*Качканарське і Гусевогорське* родовища титано-магнетитових руд знаходяться на східному схилі Північного Уралу. У районі просліджується інтрузія диференційованих порід основного складу (мал.3.1). Рудна мінералізація концентрується головним чином у піроксенітах, у меншій мірі в габро і плагіоклазах у вигляді вкрапленості з поступовими переходами до вміщуючих порід. Границі кондиційних рудних тіл визначаються за даними випробування. У складі руд головну роль відіграють ільменіт, титано-магнетит, магнетит і мінерали габро-піроксенітів. Руди характеризуються порівняно невисоким вмістом заліза (14-34%), від 2 до 0,8% титану і невеликою кількістю  $V_2O_5$ . Незважаючи на бідність руд і досить складну технологію їхньої обробки, родовища інтенсивно освоюються. Завдяки значним розмірам, близькості до центрів металургійної промисловості і можливості найбільше дешевого відкритого способу розробки із широким застосуванням механізації використання руд родовищ

них или сидеритовых месторождений.

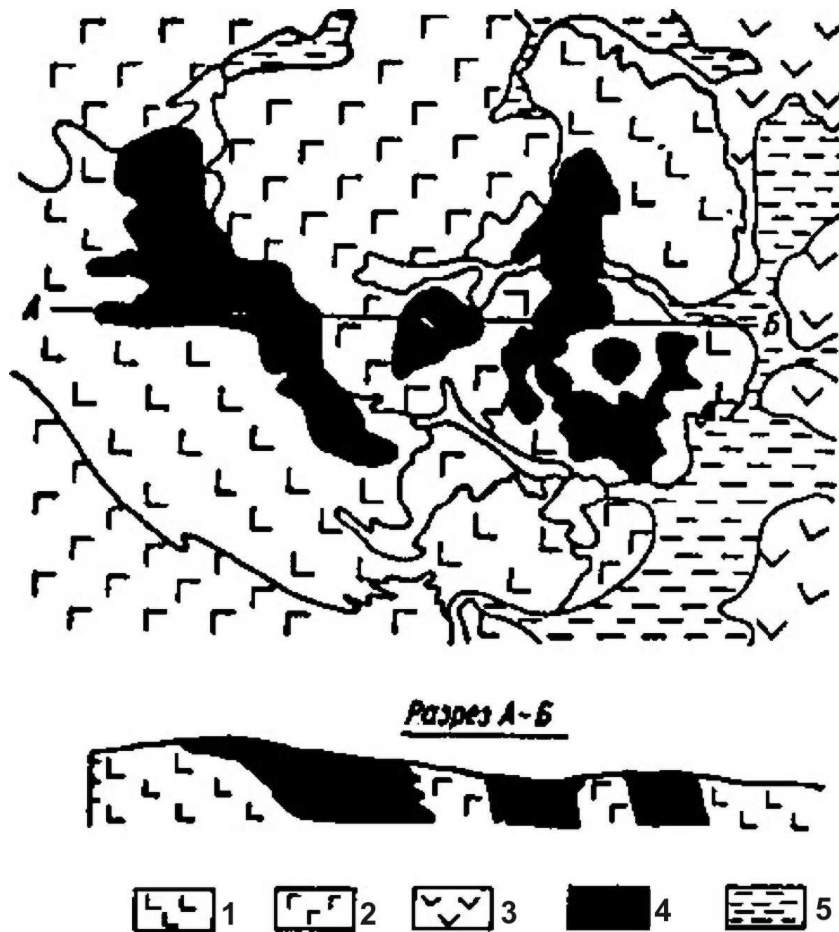
Метаморфогенные месторождения являются важнейшими в балансе запасов и добыче руд железа. Они залегают среди пород протерозоя – архея, подвергшихся региональному метаморфизму. К этой группе относятся месторождения железистых кварцитов Кривого Рога, Приазовья, Курской магнитной аномалии, Оленегорское (Кольский полуостров), Карсакпайское (Казахстан), Малохинганское и Уссурийское (Дальний Восток). Всемирно известны месторождения района Хамерсли в Австралии, оз.Верхнего в США, штатов Бихар, Орисса и других в Индии, провинции Минас-Жерайс в Бразилии, а также в Южной Африке, Канаде, КНР и др. К метаморфогенным относятся некоторые месторождения, образовавшиеся в приконтактных зонах интрузивов под воздействием теплового потока без привноса железа, например Холзунское на Алтае.

Рассмотрим некоторые месторождения железа различных промышленно-генетических групп.

*Качканарское и Гусевогорское* месторождения титано-магнетитовых руд находятся на восточном склоне Северного Урала. В районе прослеживается интрузия высокодифференцированных пород основного состава (рис.3.1). Рудная минерализация концентрируется главным образом в пироксенитах, в меньшей степени в габбро и плагиоклазах в виде вкрапленности с постепенными переходами к вмещающим породам. Границы кондиционных рудных тел определяются по данным опробования. В составе руд главную роль играют ильменит, титано-магнетит, магнетит и минералы габбро-пироксенитов. Руды характеризуются сравнительно невысоким содержанием железа (14-34%), от 2 до 0,8% титана и небольшим количеством  $V_2O_5$ . Не-

сьогодні стало рентабельним.

смотря на бідність руд і доволі складну технологію їх обробки, місорождения інтенсивно осваиваються. Благодаря значительным размерам, близости к центрам металлургической промышленности и возможности наиболее дешевого открытого способа разработки с широким применением механизации использование руд месторождений в настоящее время стало рентабельным.



Мал. 3.1. Схема геологічної будівлі Гусевогорського і Качканарського родовищ (по З.В.Рупасовой):  
1, 2 - інтрузивні породи (1-піроксеніти; 2-габбро); 3 - ефузиви силура (порфірити, амфіболіти);  
4 - рудні поклади; 5 - сучасні алювіальні відкладення.

Рис. 3.1. Схема геологического строения Гусевогорского и Качканарского месторождений (по З.В.Рупасовой):

1, 2 – интрузивные породы (1-пироксениты; 2-габбро); 3 – эффузивы силура (порфириты, амфиболиты); 4 – рудные залежи; 5 – современные аллювиальные отложения.

Серед контактово-метасоматичних родовищ найбільше відомі Магнітогорське на Уралі і Кустанайської групи в Казахстані.

Магнітогорське родовище знаходиться на Південному Уралі. На його баіз ство-

Среди контактово-метасоматических месторождений наиболее известны Магнитогорское на Урале и Кустанайской группы в Казахстане.

Магнитогорское месторождение находится на Южном Урале. На его базе соз-

рений потужний металургійний комбінат та місто Магнітогорськ. Родовище складене осадовими породами, серед яких залягають вапняки девону і нижнього карбону, що досягають потужності 200м. Ця товща прорвана інтрузіями гранітоїдних порід підвищеної лужності герцинського віку. У контактній зоні вапняки майже цілком перетворені в скарни, що включають гніздо-, лінзо- і пластоподібні тіла вкраплених і суцільних магнетитових руд. Системою пострудних розривів родовище розбите на кілька блоків. Головний поклад, що виходить на поверхню, потужністю до 70м і довжиною майже 3000м розроблявся кар'єрами. Вміст заліза в суцільних рудах складає 52-67%, у вкраплених – 25-50%. Родовище детально вивчене академіком А.Н. Заварицьким, який розробив теорію контактово-метасоматичного рудоутворення в 1923-1927рр.

*Родовища Кустанайської групи* (Соколовське, Сарбайське, Качарське), розташовані в межах зони Тургайського прогину довжиною близько 500км. Рудні тіла родовищ залягають на глибині в товщі ефузивно-осадових порід нижнього карбону в зонах контакту з герцинськими інтрузіями діоритового, гранодіоритового і сієнітового складу, іноді на значному віддаленні від контакту чи в ендоконтакті в самих інтрузіях (мал. 3.2).

Поклади мають шароподібну форму. Найбільше великі з них просліджуються по простяганню до 3800 м і по падінню на глибину понад 1200 м при потужності кілька десятків метрів. Для розвіданих родовищ характерне переверстування суцільних магнетитових руд, зруднілих скарнів (вкраплених руд) і роговиків. Суцільні руди містять 52-58% заліза, 0,36-0,46% сірки і 0,07-0,28% фосфору. У

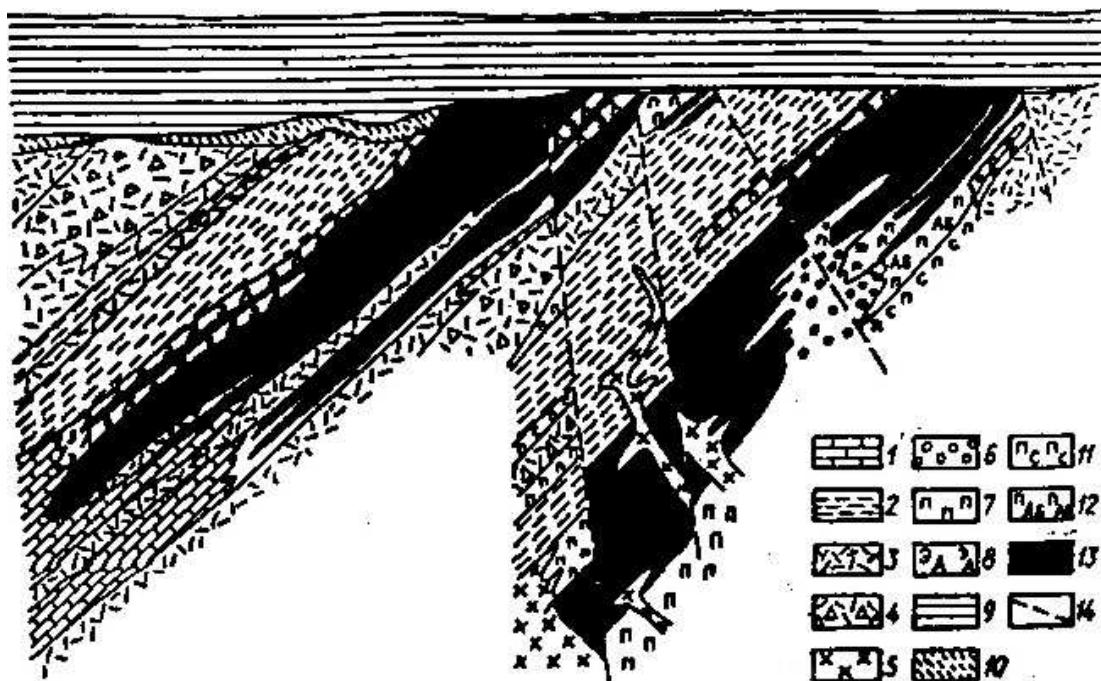
дан потужний металургічний комбінат, виріс город Магнітогорск. Месторождение сложено осадовими породами, среди которых залегают известняки девона и нижнего карбона, достигающие мощности 200м. Эта толща прорвана интрузиями гранитоидных пород повышенной щелочности герцинского возраста. В контактовой зоне известняки почти полностью превращены в скарны, включающие гнездо-, линзо- и пластообразные тела вкрапленных и сплошных магнетитовых руд. Системой пострудных разрывов месторождение разбито на несколько блоков. Главная залежь, выходящая на поверхность, мощностью до 70м и протяженностью почти 3000м разрабатывалась карьерами. Содержание железа в сплошных рудах составляет 52-67%, во вкрапленных – 25-50%. Месторождение детально изучено академиком А.Н.Заварицким, разработавшим теорию контактово-метасоматического рудообразования в 1923-1927г.

*Месторождения Кустанайской группы* (Соколовское, Сарбайское, Качарское), расположенные в пределах зоны Тургайского прогиба протяженностью около 500км. Рудные тела месторождений залегают на глубине в толще эффузивно-осадовитых пород нижнего карбона в зонах контакта с герцинскими интрузиями диоритового, гранодиоритового и сиєнітового состава, иногда на значительном удалении от контакта или в эндоконтакте в самих интрузіях (рис.3.2).

Залежи имеют пластообразную форму. Наиболее крупные из них прослеживаются по простиранию до 3800м и по падению на глубину свыше 1200м при мощности несколько десятков метров. Для разведанных месторождений характерно переслаивание сплошных магнетитовых руд, оруденелых

вкраплених рудах вміст заліза коливається від 38 до 41%, сірки - від 0,32 до 3,74% і фосфору - від 0,13 до 0,17%. У лежачому боці рудних покладів Сарбайського родовища розвинуті колчеданні руди (середній вміст заліза 35%, сірки 19%). Для цих руд характерний підвищений вміст цинку, миш'яку і кобальту.

скарнов (вкраплених руд) і роговиков. Сплошные руды содержат 52-58% железа, 0,36-0,46% серы и 0,07-0,28% фосфора. Во вкрапленных рудах содержание железа колеблется от 38 до 41%, серы - от 0,32 до 3,74% и фосфора - от 0,13 до 0,17%. В лежачем боку рудных залежей Сарбайского месторождения развиты колчеданные руды (среднее содержание железа 35%, серы 19%). Для этих руд характерно повышенное содержание цинка, мышьяка и кобальта.



Мал. 3.2. Геологічний розріз Сарбайського родовища (по Г.С.Поротову):

1 - вапняки; 2 - туфіти; 3 - вулканічні туфи; 4 - вулканічні брекчії; 5 - діорити; 6 - гранатові скарни; 7 - піроксенові скарни; 8 - епідот-актинолітові породи; 9 - мезозойсько-кайнозойські нерозчленовані відкладення; 10 - древня кора вивітрювання; 11 - піроксен-скаполитові породи; 12 - піроксен-альбітові породи; 13 - суцільні багаті магнетитові руди; 14 - розривні порушення.

Рис. 3.2. Геологический разрез Сарбайского месторождения (по Г.С.Поротову):

1 – известняки; 2 – туффиты; 3 – вулканические туфы; 4 – вулканические брекчии; 5 – диориты; 6 – гранатовые скарны; 7 – пироксеновые скарны; 8 – эпидот-актинолитовые породы; 9 – мезозойско-кайнозойские отложения нерасчлененные; 10 – древняя кора выветривания; 11 – пироксен-скаполитовые породы; 12 – пироксен-альбитовые породы; 13 – сплошные богатые магнетитовые руды; 14 – разрывные нарушения.

Розробка руд Соколовського, Сарбайського і Качарського родовищ відбувається відкритим способом. Родовища розташовані порівняно близько до металургійних підприємств і служить одним з найважливіших джерел залізних руд.

Разработка руд Соколовского, Сарбайского и Качарского месторождений производится открытым способом. Месторождения расположены сравнительно близко к металлургическим предприятиям и являются одним из важнейших источников



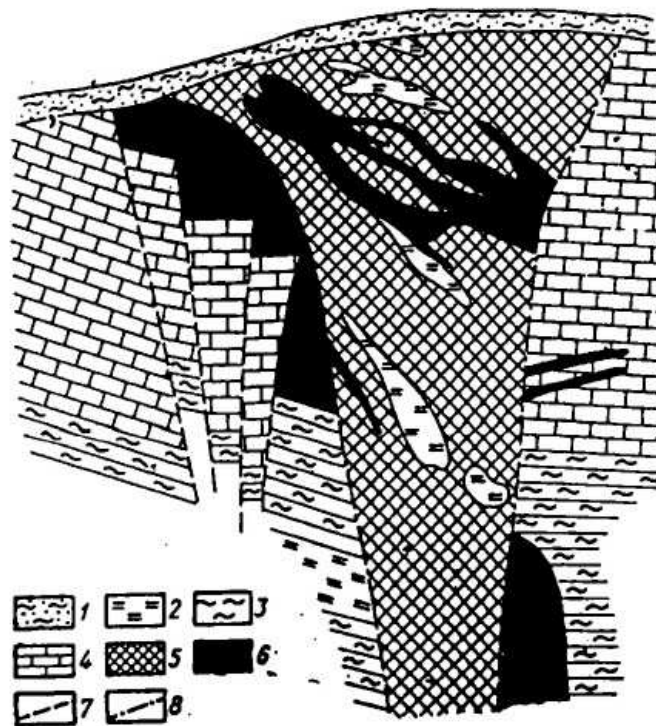
З гідротермальних родовищ відомі Коршуновське високотемпературне, Бакальське низькотемпературне, родовище Ерцберг в Австрії та інші.

*Коршуновське* родовище розташоване в межиріччі Ангари й Іліму (Ангаро-Ілімський рудний район), у південно-західній частині Сибірської платформи. Зруденіння локалізоване в туфобрекчіях і уламковому матеріалі порід осадового чохла, що заповнює так названу трубку вибуху, що прориває усі відкладення нижнього палеозою. Стінки трубки круто падають, утворюючи воронкоподібну структуру (мал. 3.3).

железных руд.

Из гидротермальных месторождений известны Коршуновское высокотемпературное, Бакальское низкотемпературное, а также месторождение Эрцберг в Австрии и другие.

*Коршуновское* месторождение расположено в междуречье Ангари и Илимма (Ангаро-Илимский рудный район), в юго-западной части Сибирской платформы. Оруденение локализовано в туфобрекчиях и обломочном материале пород осадочного чехла, заполняющем так называемую трубку взрыва, которая прорывает все отложения нижнего палеозоя. Стенки трубки круто падают, образуя воронкообразную структуру (рис.3.3).



Мал. 3.3. Геологічний розріз Коршуновського родовища (по М.К. Иващенко і В.П. Корабельникової):

1 - четвертинні відкладення; 2 - околорудні метасоматити; 3 - породи нижньоамурської світи; 4 - породи устькутської світи; 5 - магнетитові руди вкрапленої і брекчієвидної текстури; 6 - метасоматичні магнетитові руди; 7 - тектонічні порушення; 8 - еруптивний контакт трубки вибуху.

Рис. 3.3. Геологический разрез Коршуновского месторождения (по М.К.Иващенко и В.П.Корабельниковой):

1 – четвертичные отложения; 2 – околорудные метасоматиты; 3 – породы нижнеамурской свиты; 4 – породы устькутской свиты; 5 – магнетитовые руды вкрапленной и брекчиевидной текстуры; 6 – метасоматические магнетитовые руды; 7 – тектонические нарушения; 8 – эруптивный контакт – трубки взрыва.

Рудні тіла мають складну будову. Виділяються пласто-, штоко- і трубоподібні гілчасті тіла, які у сукупності утворюють єдиний рудний поклад з різною якістю руд. У цілому форма й умови залягання цього покладу контролюються обрисами трубки вибуху. Головним рудним мінералом є магномагнетит  $[(Mg,Fe) \cdot Fe_2O_3]$ , зустрічається також гематит. Найбільше розповсюджені руди - вкраплені і брекчиевидні, пов'язані з вмещуючим матеріалом поступовими переходами. У рудах міститься в середньому (у мас. %): Fe-34,4, SiO<sub>2</sub>-15, CaO-1,4, MgO-6,5, P-0,2 і S-0,25.

Навколорудні метасоматити виникли внаслідок гідротермальної переробки осадових порід. Найбільш інтенсивно процес метасоматичних перетворень проявився в уламковому матеріалі, що заповнює трубку, у меншому ступені - в породах, що розсікаються трубкою.

*Бакальське родовище* складене осадово-метаморфізованими породами верхнього протерозою, представленими вапняками які чергуються, і доломітами, мергелями, глинистими, піськово-глинистими сланцями і пісковицями. У межах рудного поля виявлена велика кількість даек і шароподібних тіл діабазів і габродіабазів. Зруденіння концентрується в пластах карбонатних порід, що утворюють кілька ярусів. У пластах спостерігаються значні коливання мінерального складу і вмісту заліза, що відображають первинні неоднорідності вапняків. Рудні тіла мають шаро-, лінзоподібну і гніздову форму. Всього відомо більше 200 рудних тіл. Найбільше великі пластоподібні поклади займають площу 1,5-2км<sup>2</sup> при потужності 80м. Рудне поле розбите серією крутопадаючих розривів на низку великих блоків, що одержали назви самостій-

Рудные тела имеют сложное строение. Выделяются пласто-, штоко- и трубообразные ветвящиеся тела, в совокупности образующие единую рудную залежь с различным качеством руд. В целом форма и условия залегания этой залежи контролируются очертаниями трубки взрыва. Главным рудным минералом является магномагнетит  $[(Mg,Fe) \cdot Fe_2O_3]$ , встречается также гематит. Наиболее распространенные руды - вкрапленные и брекчиевидные, связанные с вмещающим материалом постепенными переходами. В рудах содержится в среднем (в мас. %): Fe-34,4, SiO<sub>2</sub>-15, CaO-1,4, MgO-6,5, P-0,2 и S-0,25.

Околорудные метасоматиты возникли в результате гидротермальной переработки осадочных пород. Наиболее интенсивно процесс метасоматических преобразований проявился в обломочном материале, заполняющем трубку, в меньшей степени в породах, рассекаемых трубкой.

*Бакальское месторождение* сложено осадочно-метаморфизованными породами верхнего протерозоя, представленными чередующимися известняками и доломитами, мергелями, глинистыми, песчано-глинистыми сланцами и песчаниками. В пределах рудного поля выявлено большое количество даек и пластообразных тел диабазов и габбро-диабазов. Оруденение концентрируется в пластах карбонатных пород, образуя несколько ярусов. В пластах наблюдаются значительные колебания минерального состава и содержания железа, отражающие первичные неоднородности известняков. Рудные тела имеют пласто-, линзообразную и гнездовую форму. Всего известно более 200 рудных тел. Наиболее крупные пластообразные залежи занимают площадь 1,5-2км<sup>2</sup> при мощности 80м. Рудное поле разбито серией крутопадающих разрывов на ряд крупных блоков, получивших названия

них родовищ. Деякі дослідники відносять Бакальське родовище до первинно осадового.

Основним рудним мінералом Бакальського родовища є сидероплезит ( $\text{FeCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), нерудна частина представлена доломітом, анкеритом і баритом. У рудах міститься: Fe- від 23 до 37,5%, MgO-7,5-13,8, CaO-до 3,3,  $\text{SiO}_2$ -1,5-7,0, P- до 0,026 і S- до 0,8%. Родовище інтенсивно розробляється відкритим і підземним способами.

*Родовище Ерцберг в Австрії* - одне з дуже важливих залізорудних родовищ сидерит-анкеритових руд метасоматичного утворення. Потужний блок девонських вапняків, перекритий Верфенськими шарами, перетворений у сидерит майже на 1000м по вертикалі. Родовище розробляється відкритим (70 уступів) і підземним способами. Незважаючи на тривалість експлуатації, запаси руди оцінюються в кілька сотень мільйонів тонн при середньому вмісті заліза в сирій руді близько 35%.

*Осадкові морські залізорудні родовища* розташовані на Керченському півострові (Україна), у Західній Європі та інших місцях. Родовища Лотарингі-Люксембургу відносяться до відкладень юрського віку (нижній доггер). Рудні поклади шароподібної форми потужністю 3-9м залягають згідно з породами, що вміщують, утворюючи 8-10 рудних горизонтів. Знизу виділяються так звані зелені поклади (із кварцом і піритом), чорні, коричневі і сірі (переважно вапняковисті руди), жовті і червоні. Загальна потужність залізорудної товщі від 25-30 до 50м. Руди містять у середньому 30-40% заліза, до 0,8% фосфору і 18% оксиду кальцію із співвідношенням CaO:  $\text{SiO}_2$ , рівним 1,4:1. Завдяки цьому при плавці не вимагаються флюсо-

самостоятельных месторождений. Некоторые исследователи относят Бакальское месторождение к первично осадочным.

Основным рудным минералом Бакальского месторождения является сидероплезит ( $\text{FeCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), нерудная часть представлена доломитом, анкеритом и баритом. В рудах содержится: Fe- от 23 до 37,5%, MgO-7,5-13,8, CaO- до 3,3,  $\text{SiO}_2$ -1,5-7,0, P- до 0,026 и S- до 0,8%. Месторождение интенсивно разрабатывается открытым и подземным способами.

*Месторождение Эрцберг в Австрии* - одно из очень важных железорудных месторождений сидерит-анкеритовых руд метасоматического образования. Мощный блок девонских известняков, перекрытый Верфенскими слоями, превращен в сидерит почти на 1000м по вертикали. Месторождение разрабатывается открытым (70 уступов) и подземным способами. Несмотря на длительность эксплуатации, запасы руды оцениваются в несколько сотен миллионов тонн при среднем содержании железа в сырой руде около 35%.

*Осадочные морские железорудные месторождения* расположены на Керченском полуострове (Украина), в Западной Европе и других местах. Месторождения Лотарингии-Люксембурга приурочены к отложениям юрского возраста (нижний доггер). Рудные залежи пластообразной формы мощностью 3-9м залегают согласно с вмещающими породами, образуя 8-10 рудных горизонтов. Снизу вверх выделяются так называемые зеленая залежь (с кварцем и пиритом), черная, коричневая и серая (преимущественно известковистые руды), желтая и красная. Общая мощность железорудной толщи от 25-30 до 50м. Руды содержат в среднем 30-40% железа, до 0,8% фосфора и 18% оксида кальция с соотношением CaO:  $\text{SiO}_2$ , равным 1,4:1. Благодаря этому при

ві матеріали, і руди одержали назву самоплавких.

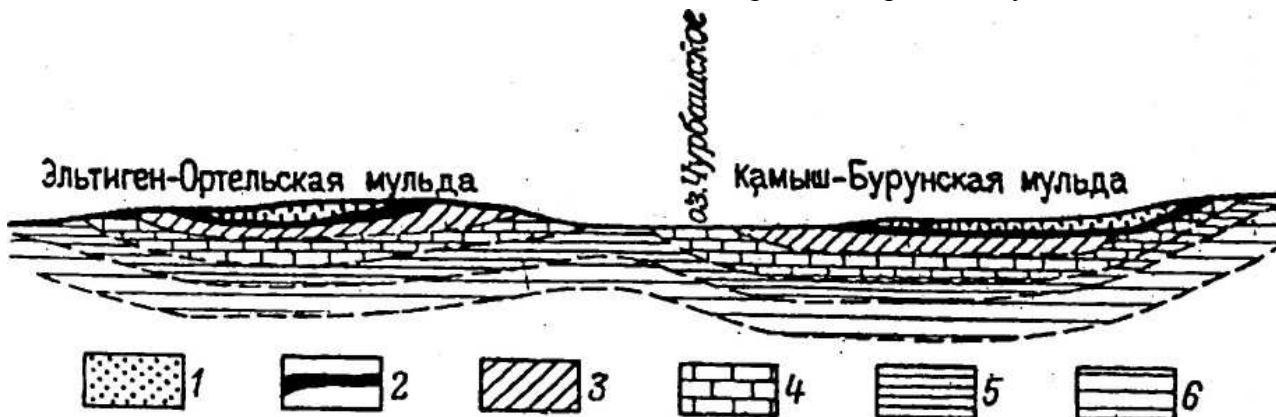
Родовища інтенсивно розробляються переважно відкритим способом. Загальні запаси складають приблизно 10 млрд. т.

*Керченські родовища* знаходяться на півострові тієї ж назви. Зруденіння тут у вигляді шароподібних покладів належать до осадочних утворень киммерійського (N) віку, що заповнює великі брахісінклинальні структури – мульди (мал. 3.4). Деякі рудні тіла пов'язані з компенсаційними прогинами в зоні розвитку грязьових вулканів.

плавке не потребуються флюсові матеріали, і руди получили названіе самоплавких.

Месторождения интенсивно разрабатываются преимущественно открытым способом. Общие запасы составляют примерно 10 млрд. т.

*Керченские месторождения* находятся на полуострове того же названия. Оруденение здесь в виде пластообразных залежей приурочено к осадочным образованиям киммерийского возраста (верхний отдел неогеновой системы), заполняющим крупные брахисинклинальные структуры – мульды (рис.3.4). Некоторые рудные тела связаны с компенсационными прогибами в зоне развития грязевых вулканов.



Мал. 3.4. Схематичний геологічний розріз через Ельтиген-Ортельську і Камыш-Брунську мульди Керченського родовища:

- 1 - надрудні і верхньокімерійські відкладення (глини і піски); 2 - рудні прошарки;  
3 - нижньокімерійські відкладення (глини, черепашник); 4 - понтический вапняк (черепашник), вугілля, піски; 5 - меотис (глини, мергелі, піски); 6 - сарматські відкладення.

Рис. 3.4. Схематический геологический разрез через Эльтиген-Ортельскую и Камыш-Брунскую мульды Керченского месторождения:

- 1 – надрудные и верхнекиммерийские отложения (глины и пески); 2 – рудные слои;  
3 – нижнекиммерийские отложения (глины, ракушечник); 4 – понтический известняк (ракушечник), угли, пески; 5 – мэотис (глины, мергели, пески); 6 – сарматские отложения.

У всіх мульдах і прогинах рудний шар підстиляється вапняками понтического ярусу або глинами нижнекімерійського віку і перекривається глинами або алевролітами верхньокімерійського під'ярусу. У плані всі родовища мають овальну форму з розмірами осей від одиниць до перших десятків кілометрів. Потужність рудного шару коливається від 0,5-2м у крайових частинах мульд до 25-40м у

Во всех мульдах и прогибах рудный пласт подстиляется известняками понтического яруса или глинами нижнекиммерийского возраста и перекрывается глинами или алевролитами верхнекиммерийского подъяруса. В плане все месторождения имеют овальную форму с размерами осей от единиц до первых десятков километров. Мощность рудного пласта колеблется от 0,5-2м в крайевых частях мульд до 25-40м в

центральных, де глибина їхнього залягання досягає 140-180м. У центральних частинах мульд переважають гідросилікатні і гідроокисні руди з великою кількістю карбонатів. Цей різновид руд, що відрізняється зелено-бурым кольором, одержав назву тютюнових руд. За технологічними властивостями ці руди мало придатні для використання. В окисних умовах у крайових частинах мульд тютюнові руди перетворюються в гідроокисли, які називаються коричневими. Останні складають основну масу кондиційних руд. У них міститься (у мас. %). Fe-37,7, MnO-3, SiO<sub>2</sub>-18, CaO-1,75, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5, P-1,0, S-0,07, As-0,13.

*Лисаковське родовище* знаходиться в Кустанайській області Казахстану. Оолітові гідрогетитові та гідрогетит-хлоритові руди відносяться до середньоолігоценових річкових і озерних відкладень. Руди і вмещаючі породи місцями зцементовані гідрооксидами заліза, сидеритом і кальцитом. Оолітові руди утворюють численні лінзо- і пластоподібні поклади довжиною в кілька кілометрів при ширині сотні метрів. Загальна потужність рудоносних товщ 25-35м. У рудах міститься (у мас. %). Fe-34÷42, P-0,5, S-0,02÷0,05. Запаси руд перевищують 1млрд.т. Родовище розробляється відкритим способом з попереднім дренаванням ґрунтових і підземних вод

У метаморфізованих родовищах типу *криворізьких* зосереджені величезні запаси залізних руд (приблизно половина всіх розвіданих світових). Зруденіння в цих родовищах концентрується в залізистих кварцитах (джеспілітах, таконітах, ітабіритах). Формування залізистих кварцитів відбувалося в усьому світі на величезних територіях в архею (Південно-Африканський, Китайська, Австралій-

центральных, где глубина их залегания достигает 140-180м. В центральных частях мульд преобладают гидросиликатные и гидроокисные руды с большим количеством карбонатов. Эта разновидность руд, отличающаяся зелено-бурым цветом, получила название табачных руд. По технологическим свойствам эти руды мало пригодны для использования. В окислительных условиях в краевых частях мульд табачные руды превращаются в гидроокислы, называемые коричневыми. Последние составляют основную массу кондиционных руд. В них содержится (в мас.%) Fe-37,7, MnO-3, SiO<sub>2</sub>-18, CaO-1,75, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5, P-1,0, S-0,07, As-0,13.

*Лисаковское месторождение* находится в Кустанайской области Казахстана. Оолитовые гидрогетитовые и гидрогетит-хлоритовые руды приурочены к среднеолигоценным речным и озерным отложениям. Руды и вмещающие породы местами цементированы гидрооксидами железа, сидеритом и кальцитом. Оолитовые руды образуют многочисленные линзо- и пластообразные залежи длиной в несколько километров при ширине сотни метров. Общая мощность рудоносных толщ 25-35м. В рудах содержится (в мас.%) Fe-34÷42, P-0,5, S-0,02÷0,05. Запасы руд превышают 1млрд.т. Месторождение разрабатывается открытым способом с предварительным дренаванием ґрунтовых и подземных вод

В метаморфизованных месторождениях типа *криворожских* сосредоточены огромные запасы железных руд (примерно половина всех разведанных мировых). Оруденение в этих месторождениях концентрируется в железистых кварцитах (джеспілітах, таконітах, ітабіритах). Формирование железистых кварцитов происходило во всем мире на огромных территориях в архею (Южно-Африканская, Китайская, Австралийская, Индийская платформы) и в протек-

ська, Індійська платформи) і в протерозої (Російська, Північно-Американська і Південно-Африканська платформи). Залізисті кварцити збереглися в глибоких синклінальних структурах, що представляють собою релікти докембрійських геосинкліналей. Вони просліджуються по простяганню на десятки і сотні кілометрів, зберігаючи рудоносність. Крім кварцу, магнетиту і гематиту в кварцитах у невеликих кількостях містяться амфіболи, піроксени, карбонати (іноді сидерит). Співвідношення вмісту мінералів заліза і кварцу, що визначають якісну характеристику руд, є різними. Доцільно переробляти залізисті кварцити із середнім вмістом заліза близько 30%, після збагачення виходить концентрат, що містить більше 63% заліза.

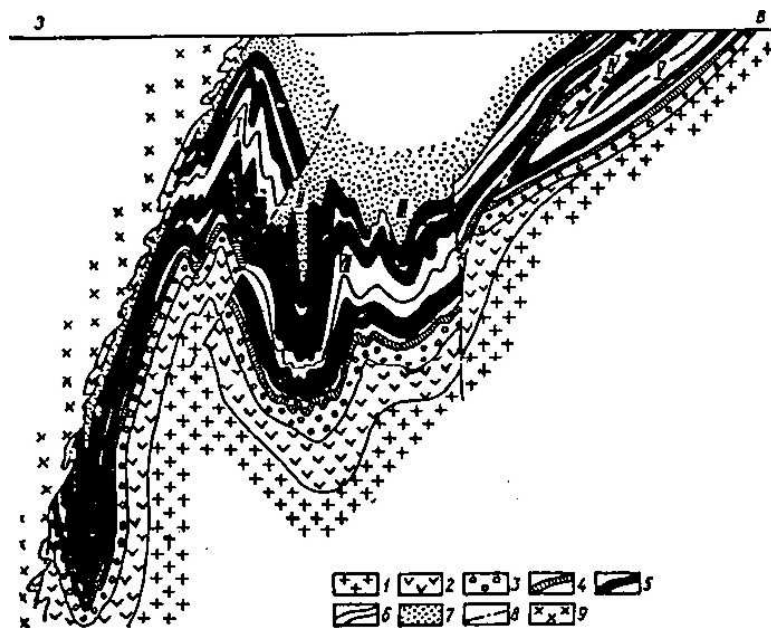
*Криворізький залізорудний басейн* витягнутий у меридіональному напрямі протягом близько 100км вздовж р. Ингулець і її притоки Саксагані і Жовтої. У фундаменті басейну розташовуються архейські гнейси, кристалічні сланці та інші породи, на яких залягають протерозойські геосинклінальні утворення криворізької серії. Вони поділяються на три відділи: нижній – зелених сланців з аркозами, кварцитами і філітами; середній (рудноносний) – залізисто-кварцитовий з дев'ятьма їх горизонтами і сланцевий; верхній – кварцито-пісковико-сланцевий з лінзами мармуризованих вапняків. Криворізька серія утворює складний синклінорій із крутим падінням крил синклінальних і антиклінальних складок (мал. 3.5). Тектонічними дислокаціями в межах басейну відособлені (з півдня на північ) Ингулецька, Саксаганська і Первомайсько-Жовторіченські рудоносні структури, де здійснюється видобуток залізистих кварцитів у кар'єрах глибиною близько

розое (Русская, Северо-Американская и Южно-Африканская платформа). Железистые кварциты сохранились в глубоких синклинальных структурах, представляющих собой реликты докембрійских геосинкліналей. Они прослеживаются по простиранию на десятки и сотни километров, сохраняя рудоносность. Кроме кварца, магнетита и гематита в кварцитах в небольших количествах содержатся амфиболы, пироксены, карбонаты (иногда сидерит). Соотношение содержания минералов железа и кварца, определяющих качественную характеристику руд, различно. Целесообразно перерабатывать железистые кварциты со средним содержанием железа около 30%, после обогащения получается концентрат, содержащий более 63% железа.

*Криворожский железорудный бассейн* вытянут в меридиональном направлении на протяжении около 100км вдоль р. Ингулець и ее притоков Саксагані и Желтой. В основании бассейна располагаются архейские гнейсы, кристаллические сланцы, и другие породы на которых залегают протерозойские геосинклинальные образования криворожской серии. Они делятся на три отдела: нижний – зеленых сланцев с аркозами, кварцитами и филлитами; средний (рудноносный) – железисто-кварцитовый с девятью их горизонтами и сланцевый; верхний – кварцито-песчанико-сланцевый с линзами мраморизованных известняков. Криворожская серия образует сложный синклинорий с крутым падением крыльев синклинальных и антиклинальных складок (рис. 3.5). Тектоническими дислокациями в пределах бассейна обособлены (с юга на север) Ингулецькая, Саксаганская и Первомайско-Желтореченская рудоносные структуры, где производится добыча железистых кварцитов в карьерах глубиной около 300м и богатых железных руд шахтами глубиной

300м і багатих залізних руд шахтами глибиною нижче 1000м. Серед залізистих кварцитів основне залягання мають магнетитові і магнетит-гематитові різновиди. Поклади багатих залізних руд з високим вмістом заліза (54-64%) і малою кількістю шкідливих домішок (сірки–0,03-0,15%, фосфору–0,04-0,28%) утворилися внаслідок перерозподілу заліза та вилуговування кремнезему. Вони відносяться до тектонічно найбільше порушених ділянок і мають переважно стовбуваті форми мінливої конфігурації з різними розмірами поперечних перерізів. Запаси багатих руд басейну оцінюються в 182млр.т при середньому вмісті заліза 56,7%, а залізистих кварцитів – 18млр.т з 34,3%.

ниже 1000м. Среди железистых кварцитов основное залегание имеют магнетитовые и магнетит-гематитовые разновидности. Залежи богатых железных руд с высоким содержанием железа (54-64%) и малым количеством вредных примесей (серы–0,03-0,15%, фосфора–0,04-0,28%) образовались вследствие перераспределения железа и выщелачивания кремнезема. Они приурочены обычно к тектонически наиболее нарушенным участкам и имеют преимущественно столбообразные формы изменчивой конфигурации с различными размерами поперечных сечений. Запасы богатых руд бассейна оцениваются в 182млр.т при среднем содержании железа 56,7%, а железистых кварцитов – 18млр.т с 34,3%.



Мал. 3.5. Тектонічна будова Криворізького синклінорія (по Я.Н.Белевцеву):

1 - саксаганські плагіограніти; 2 - амфіболіти; 3 - нижня криворізька серія; 4 - карбонат-тальковий горизонт; 5 - залізорудні горизонти середньої серії; 6 - сланці середньої серії; 7 - верхня криворізька серія; 8 - тектонічні розриви; 9 - кіровоградські мікроклін-плагіоклазові граніти. Головні синкліналі й антикліналі: I - Тарапако-Лихманівська антикліналь; II - Західно-Інгулецька синкліналь; III - Східно-Інгулецька синкліналь; IV - Саксаганська антикліналь; V - Саксаганська синкліналь; VI - Лихманівська синкліналь; VII - Інгулецька антикліналь.

Рис. 3.5. Тектоническое строение Криворожского синклинория (по Я.Н.Белевцеву):

1 – саксаганские плагиограниты; 2 – амфиболиты; 3 – нижняя криворожская серия; 4 – карбонат-тальковый горизонт; 5 – железорудные горизонты средней серии; 6 – сланцы средней серии; 7 – верхняя криворожская серия; 8 – тектонические разрывы; 9 – кировоградские микроклин-плагиоклазовые граниты. Главные синклинали и антиклинали: I – Тарапако-Лихмановская антиклиналь; II – Западно-Ингулецкая синклиналь; III – Восточно-Ингулецкая синклиналь; IV – Саксаганская антиклиналь; V – Саксаганская синклиналь; VI – Лихмановская синклиналь; VII – Ингулецкая антиклиналь.

На північному продовженні Криворізького басейну розташовується Кременчуцький залізорудний район, де також здійснюється видобуток залізних руд.

У межах Приазовського блоку Українського щита в 60 рр. ХХст. були виявлені серед докембрійських метаморфічних порід великі родовища піроксен-магнетитових кварцитів із промисловими запасами (більше 2 млрд.т) залізних руд (Маріупольське залізорудне родовище в Центральному Приазов'ї і родовища Корсак-Могила, Куксунгур, Васинівське та інші в Західному Приазов'ї). Маріупольське родовище знаходиться в 20км від металургійних заводів Азовсталь та інших у місті Маріуполі, з його руд можна одержати високоякісні концентрати із вмістом заліза до 71,4%, придатні для порошкової металургії.

### 3.2.3. Марганець

Здатність двоокису марганцю освітлювати скло була відома ще в I ст., використання марганцевих руд для виготовлення фарб і медичних препаратів почалося наприкінці XVII ст. Металевий марганець був отриманий у 1807р. і став широко застосовуватися в другій половині XIX ст. у зв'язку з розвитком металургійної промисловості, тому що додавання марганцю до заліза і стали істотно підвищує їхню в'язкість, ковкість і твердість, а в доменному виробництві марганець сприяє обессеруванню руд, розріджує шлаки і прискорює процес плавки. Марганецьвміщуючі бронзи, латуні та інші сплави, які містять марганець мають підвищену міцність, антикорозійні та інші цінні властивості. Родовища марганцевих руд відомі більше, ніж у 40 країнах світу, але більшість внаслідок малих розмірів,

На северном продолжении Криворожского бассейна располагается Кременчугский железорудный район, где также производится добыча железных руд.

В пределах Приазовского блока Украинского щита в 60х годах ХХв. были выявлены среди докембрійских метаморфических пород крупные месторождения пироксен-магнетитовых кварцитов с промышленными запасами (более 2млрд.т) железных руд (Маріупольское железорудное месторождение в Центральном Приазовье и месторождения Корсак-Могила, Куксунгур, Васиновское и другие в Западном Приазовье). Маріупольское месторождение находится в 20км от металлургических заводов Азовсталь и других в городе Маріуполе, из его руд можно получить высококачественные концентраты с содержанием железа до 71,4%, пригодные для порошковой металлургии.

### 3.2.3. Марганец

Способность двуокиси марганца осветлять стекло была известна еще в I веке, использование марганцевых руд для изготовления красок и медицинских препаратов началось в конце XVIIв. Металлический марганец был получен в 1807г. и стал широко применяться во второй половине XIXв. в связи с развитием металлургической промышленности, так как добавка марганца к железу и стали существенно повышает их вязкость, ковкость и твердость, а в доменном производстве марганец способствует обессериванию руд, разжижает шлаки и ускоряет процесс плавки. Марганецсодержащие бронзы, латуні и другие сплавы имеют повышенную прочность, антикоррозионные и другие ценные свойства. Месторождения марганцевых руд известны более, чем в 40 странах мира, но большинство вследствие малых размеров или низкого



низької якості руд мають різко другорядне промислове значення. Загальносвітові запаси марганцевих руд складають 10,5млр.т, у тому числі в унікальних родовищах ПАР–4,5млр.т і України–2,5млр.т. Великі родовища марганцю (від 540 до 220млн.т) знаходяться в Габоні, Австралії, Казахстані, КНР, Грузії і Бразилії. Видобуток марганцевих руд наприкінці ХХст. склав 20млн.т, у тому числі в КНР–3,4млн.т, ПАР–3,2млн.т, Україні–2,7млн.т. Вартість 1т марганцевої руди з ПАР і Австралії склало в 1999-2000рр 1,9\$ США. У металургії використовують руди із вмістом марганцю 30-36%, кондиційний вміст у легкозбагачуваних рудах більше 10%, а в важкозбагачуваних – більше 20% марганцю.

Кларк марганцю–0,1%, з більше 150 мінералів марганцю головними промисловими є піролюзит  $MnO_2$  (55-63%), манганіт  $MnO_2 \cdot Mn(OH)_2$  (52-62%), псиломелан  $mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$  (45-60%) та інші (табл. 2.1). Залежно від мінерального складу руди поділяються на оксидні (найбільш цінні), карбонатні, силікатні і змішані.

В ендегенних умовах марганець концентрується головним чином в основних магмах при їхній кристалізації, входить у вигляді домішок до різних мінералів і самостійні родовища не утворює. При постмагматичних процесах власне марганцеві руди не виникають, однак деякі мінерали і їхні скупчення представляють інтерес. У скарнах марганець входить до складу силікатів (гранати, слюди) у вигляді ізоморфної домішки, але нерідко тут відзначаються піролюзит, гаусманіт, родоніт і родохрозит. Інтерес представляють родоніт, родохрозит, як виробні і напівцінні камені, лише іноді такого типу родовища розробляються як марганцево-

якості руд мають різко подчиненне промислове значення. Общемировые запасы марганцевых руд составляют 10,5млр.т, в том числе в уникальных месторождениях ЮАР–4,5млр.т и Украины–2,5млр.т. Крупные месторождения марганца (от 540 до 220млн.т) находятся в Габоне, Австралии, Казахстане, КНР, Грузии и Бразилии. Добыча марганцевых руд в конце ХХв. составила 20млн.т, в том числе в КНР–3,4млн.т, ЮАР–3,2млн.т, Украине–2,7млн.т. Стоимость 1т марганцевой руды из ЮАР и Австралии составила в 2004г 100\$ США. В металлургии используют руды с содержанием марганца 30-36%, кондиционное содержание в легкообогатимых рудах более 10%, а в труднообогатимых – более 20% марганца.

Кларк марганца–0,1%, из более 150 минералов марганца главными промышленными являются пиролюзит  $MnO_2$  (55-63%), манганит  $MnO_2 \cdot Mn(OH)_2$  (52-62%), псиломелан  $mMnO \cdot MnO_2 \cdot H_2O$  (45-60%) и другие (табл. 2.1). В зависимости от минерального состава руды делятся на оксидные (самые ценные), карбонатные, силикатные и смешанные.

В эндегенных условиях марганец концентрируется главным образом в основных магмах при их кристаллизации, входит в виде примесей в различные минералы и самостоятельных месторождений не образует. При постмагматических процессах собственно марганцевые руды не возникают, однако некоторые минералы и их скопления представляют интерес. В скарнах марганец входит в состав силикатов (гранаты, слюды) в виде изоморфной примеси, но нередко здесь отмечаются пиролюзит, гаусманит, родонит и родохрозит. Интерес представляют родонит, родохрозит, как поделочные и полудрагоценные камни, лишь иногда такого типа месторождения разрабатываются

рудні (Лонгбан у Швеції, Франклін у США, Липова гора на Уралі). При гідротермальних процесах марганець разом із залізом і вольфрамом утворює високотемпературні кварц-вольфрамит-гюбнеритові родовища, з руд яких він не витягається. Зустрічаються середньотемпературні утворення у вигляді кварцових жил з родохрозитом, родонітом і оксидами марганцю, що представляють інтерес як родовища виробних каменів, як, наприклад, район Б'ютт (США) або Нижній Тагіл (Росія). У низькотемпературних приповерхневих утвореннях, пов'язаних із субвулканічним і ефузивним магматизмом, марганець у вигляді оксидів зустрічається в парагенезисі з агатом, халцедоном, кальцитом (Болгарія, Японія, Туреччина та ін.)

Велике значення в економіці марганцю мають залишкові й осадові родовища.

Залишкові родовища утворюються внаслідок вивітрювання марганцевміщуючих метаморфічних порід докембрія. До них відносяться родовища марганцевих капелюхів, тобто багатих окисних руд (понад 30%Mn) Індії на виходах крутопадаючих інтенсивно метаморфізованих докембрійських сланців-гондитів; родовища Гани, що асоціюють з марганцевміщуючими філітами і гондитами та ін. Особлива роль належить ПАР, де в пустелі Калахарі (район Курумман) та інших місцях марганцеві руди (38-48%) у вигляді пластів потужністю більше 20 м і довжиною до декількох кілометрів відносяться до товщі залізистих кварцитів, перекритих доломітами системи Трансвааль (верхній докембрій). Ці родовища є основним постачальником руд марганцю на світовий ринок.

Значна частина світових ресурсів мар-

как марганцеворудные (Лонгбан в Швеции, Франклин в США, Липовая гора на Урале). При гидротермальных процессах марганец вместе с железом и вольфрамом образует высокотемпературные кварц-вольфрамит-гюбнеритовые месторождения, из руд которых он не извлекается. Встречаются среднетемпературные образования в виде кварцевых жил с родохрозитом, родонитом и оксидами марганца, представляющие интерес как месторождения поделочных камней, например, район Бьютт (США), или Н.Тагил (Россия). В низкотемпературных приповерхностных образованиях, связанных с субвулканическим и эффузивным магматизмом, марганец в виде оксидов встречается в парагенезисе с агатом, халцедоном, кальцитом (Болгария, Япония, Турция и др.)

Главное значение в экономике марганца имеют остаточные и осадочные месторождения.

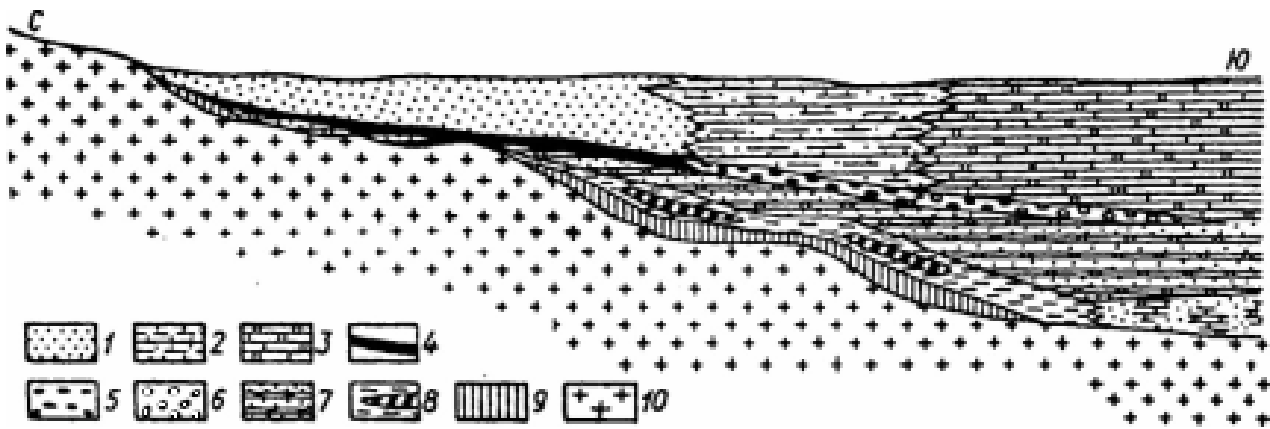
Остаточные месторождения образуются в результате выветривания марганецсодержащих метаморфических пород докембрия. К ним относятся месторождения марганцевых шляп, т.е. богатых окисных руд (свыше 30%Mn) Индии на выходах крутопадающих интенсивно метаморфизованных докембрійських сланцев-гондитов; месторождения Ганы, ассоциирующие с марганецсодержащими филлитами и гондитами и другие. Особая роль принадлежит ЮАР, где в пустыне Калахаре (район Курумман) и других местах марганцевые руды (38-48%) в виде пластов мощностью более 20м и протяженностью до нескольких км приурочены к толще железистых кварцитов, перекрытых доломитами системы Трансвааль (верхний докембрій). Эти месторождения являются основным поставщиком руд марганца на мировой рынок.

ганцевих руд укладена в морських осадових родовищах, причому велика їхня частина зосереджена в Нікополь-Токмацькому районі України, Чиатурському родовищі в Грузії і родовищі Моанда в Габоні. Дрібні осадові родовища марганцю відомі в Центральній і Західній Європі, на Уралі та інших місцях.

*Нікопольський* марганцеворудний басейн протяжністю 250 км та шириною до 25 км розташований на південному схилі Українського кристалічного щита і західному схилі Приазовського масиву. Він включає Нікопільські та Велико-Токмацьке родовища. Марганцеворудний пласт залягає серед піщано-глинистих відкладень олігоцену, утворених у період від 37 до 32млн.років тому. Потужність рудоносної товщі в районі м. Нікополя складає 16м, з якої від 2 до 6м приходить рудний пласт. Тривалість його утворення складає близько 1млн.років (М.М. Мстиславський), що дає підстави припустити участь вулканогенно-гідротермальних підвідних процесів в осадовому відкладенні руд марганцю. Рудоутворюючими мінералами є манганіт, піролюзит, псиломелан і манганокальцит, що у вигляді конкрецій, стягнень і землястих різниць утворюють скупчення в пухкому осадовому матеріалі. За мінеральним складом і, відповідно, якісними характеристиками руди підрозділяються на оксидні (найбільше цінні), оксидно-карбонатні і карбонатні. У розподілі руд чітко видна фаціальна зональність, у сирих рудах міститься в середньому близько 30% марганцю. Руди добре збагачуються (мал.3.6).

Значительная часть мировых ресурсов марганцевых руд заключена в морских осадочных месторождениях, причем большая их часть сосредоточена в Никополь-Токмакском районе Украины, Чиатурском месторождении в Грузии и месторождении Моанда в Габоне. Мелкие осадочные месторождения марганца известны в Центральной и Западной Европе, на Урале и др. местах.

*Никопольский* марганцеворудный бассейн протяженностью 250км и шириной до 25км расположен на южном склоне Украинского кристаллического щита и западном склоне Приазовского массива, он включает Никопольское и Больше-Токмакское месторождения. Марганцеворудный пласт залегают среди песчано-глинистых отложений олигоцена, образованных в период от 37 до 32млн.лет тому назад. Мощность рудоносной толщи в районе г.Никополя составляет 16м, из которой от 2 до 6м приходится на рудный пласт. Длительность его образования составила около 1млн.лет (М.М. Мстиславский), что дает основания предполагать участие вулканогенно-гидротермальных подводных процессов в осадочном отложении руд марганца. Рудообразующими минералами являются манганит, пиролюзит, псиломелан и манганокальцит, которые в виде конкреций, стяжений и землястых разностей образуют скопления в рыхлом осадочном материале. По минеральному составу и, соответственно, качественным характеристикам руды подразделяются на оксидные (наиболее ценные), оксидно-карбонатные и карбонатные. В распределении руд отчетливо видна фаціальная зональность, в сырых рудах содержится в среднем около 30% марганца. Руды хорошо обогащаются (рис.3.6).



Мал. 3.6. Геологічний розріз Никопольського родовища марганцю (по І.М. Варенцову):

1 - піски харківської світи; 2 - піски, глини і пісковики харківської світи; 3 - глини і мергелю харківської світи; 4 - оксидні руди марганцю; 5 - змішані оксидні і карбонатні руди марганцю; 6 - карбонатні марганцеві руди; 7 - глини, мергелі і пісковики кievської світи; 8 - піски, глини і вугілля бучакської світи; 9 - кора вивітрювання; 10 - корінної породи (гнейси), граніти і кристалічні сланці.

Рис. 3.6. Геологический разрез Никопольского месторождения марганца (по И.М.Варенцову):

1 – пески харьковской свиты; 2 – пески, глины и песчаники харьковской свиты; 3 – глины и мергеля харьковской свиты; 4 – окисные руды марганца; 5 – смешанные окисные и карбонатные руды марганца; 6 – карбонатные марганцевые руды; 7 – глины, мергели и песчаники киевской свиты; 8 – пески, глины и угли бучакской свиты; 9 – кора выветривания; 10 – коренные породы (гнейсы), граниты и кристаллические сланцы.

Широко розвинуті осадові родовища марганцю, пов'язані з морськими карбонатними відкладеннями. Найбільше цікавими в практичному відношенні представниками цього типу є родовища Марокко, особливо район Імини. Тут лінзоподібні тіла псиломеланових руд (48% марганцю) залягають серед доломітів крейдового віку. Інша група родовищ Бу-Арфа у відрогах Атласних гір відноситься до вапняків пермотриаса.

До цього ж генетичного типу відносяться родовища Китаю, з яких найбільше значне родовище Шаньвуту (провінція Хунань). Псиломелан-піролюзитові руди у вигляді пластовидного покладу потужністю в середньому 1м залягають серед силурійських вапняків. Тут основний інтерес представляють руди, частково окислені і вдруге збагачені, які містять понад 40% марганцю. До вапняних морських опадів відносяться марганцеві руди Усинського родовища в Кузнецьком Алатау. Серед вапняків і доломітів ви-

Широко развиты осадочные месторождения марганца, связанные с морскими карбонатными отложениями. Наиболее интересными в практическом отношении представителями этого типа являются месторождения Марокко, особенно район Имини. Здесь линзообразные тела псиломелановых руд (48% марганца) залегают среди доломитов мелового возраста. Другая группа месторождений Бу-Арфа в отрогах Атласных гор приурочена к известнякам пермотриаса.

К этому же генетическому типу относится месторождение Китая, из которых наиболее значительно месторождение Шаньвуту (провинция Хунань). Псиломелан-пилолюзитовые руды в виде пластовидной залежи мощностью в среднем 1м залегают среди силурийских известняков. Здесь основной интерес представляют руды, частично окисленные и вторично обогащенные, содержащие свыше 40% марганца. К известковым морским осадкам приурочены марганцевые руды

діляються пласти, збагачені марганцем (понад 10% марганцю), головним чином, у вигляді родохрозиту і магнокальциту. Уся товща характеризується крутим майже вертикальним падінням. Інтерес представляють псиломеланові руди, поклади яких просліджуються на сотні метрів по простяганню при ширині десятки метрів до 40м по падінню.

Залізо-марганцеві конкреції, відкриті на дні Тихого океану більше 100 років тому англійською експедицією на судні «Челенджер», на даний час є об'єктом вивчення й активного видобутку у США, Японії, Німеччині. Концентрація конкрецій на ділянках, які відпрацьовуються і знаходяться на глибині до 7км на дні Тихого, Індійського й Атлантичного океанів складає 10-20кг/м<sup>3</sup>. У конкреціях міститься (у % мас.): Mn–25-30; Fe–10-12; Ni–1-2; Co–0,3-1,5; Cu–1-1,5. На рік добувається 1-2 млн.т, заявки на промисловий видобуток конкрецій зробили Індія, Росія, Франція. Витяг марганцевих конкрецій із дна океанів набагато економічніше, ніж розробка руд марганцю на суші.

#### 3.2.4. Хром

Хром відкрито у 1797р. французьким хіміком Л. Вокеленом, а його руди вперше виявлено на Уралі. Їхня загальна формула (Fe, Mg)(Cr, Al, Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, співвідношення вмісту елементів є різне: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (у %мас.) складає 18-65; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -FeO - до 48; Mg – до 16; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - до 33. Найбільше значення має магнохроміт (Mg,Fe)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> з 50-60% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Найбільш часто зустрічаються магнохроміт (Mg,Fe)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, хромпикотит (Mg,Fe)(Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>4</sub> і алюмохроміт (Fe,Mg)(Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Усинського месторождения в Кузнецком Алатау. Среди известняков и доломитов выделяются слои, обогащенные марганцем (свыше 10% марганца), главным образом в виде родохрозита и мангокальцита. Вся толща характеризуется крутым почти вертикальным падением. Интерес представляют псиломелановые руды, залежи которых прослеживаются на сотни метров по простиранию при ширине десятки метров до 40м по падению.

Железо-марганцевые конкреции, открытые на дне Тихого океана более 100 лет назад английской экспедицией на судне «Челенджер», в настоящее время являются объектом изучения и активной добычи США, Японии, ФРГ. Концентрация конкреций на отработываемых участках, находящихся на глубине до 7км на дне Тихого, Индийского и Атлантического океанов составляет 10-20кг/м<sup>3</sup>. В добываемых конкрециях содержится (в % мас.): Mn–25-30; Fe–10-12; Ni–1-2; Co–0,3-1,5; Cu–1-1,5. В год добывается 1-2млн.т, заявки на промышленную добычу конкреций сделали Индия, Россия, Франция. Извлечение марганцевых конкреций со дна океанов намного экономичнее, чем разработка руд марганца на суше.

#### 3.2.4. Хром

Хром открыт в 1797г. французским химиком Л.Вокеленом, а его руды впервые выявлены на Урале. Их общая формула (Fe, Mg)(Cr, Al, Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, соотношение содержания элементов различно: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (в %мас.) составляет 18-65; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> –FeO - до 48; MgO – до 16; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - до 33. Наибольшее значение имеет магнохромит (Mg,Fe)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> с 50-60% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Наиболее часто встречаются магнохромит (Mg,Fe)Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, хромпикотит (Mg,Fe)(Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и алюмохромит (Fe,Mg)(Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Залежно від кількісного співвідношення названих мінералів змінюється якість руд. Найбільше цінними є магнохромітові руди, що містять близько 50% і більше  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при відносно низькому вмісті Fe (близько 15-18%).

Хроміт використовується в металургії (65%), у виробництві вогнетривів (18%) і хімічній промисловості (17%). Додавання ферохрому ( $\text{Cr}$ –65-70%;  $\text{C}$ –5-7%, інше Fe) до сталей підвищує їхню в'язкість, твердість і стійкість до корозії. Сплави хрому з кобальтом, чи вольфрамом та молібденом використовуються як антикорозійні покриття (хромування). Використовується хром як вогнетривкий матеріал для футеровки металургійних печей, одержання фарб і дубителів шкір. У металургійній промисловості використовуються руди, що містять не менше 49%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при відношенні  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -FeO не нижче 3. Руди з 32%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при високому вмісті глинозему (15% і більше), при низькому вмісті  $\text{SiO}_2$  (менше 6%) застосовні для виробництва вогнетривів. Хімічна промисловість використовує руди, що містять 49% і більше  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , але не більше 14% Fe і менше 5%  $\text{SiO}_2$ .

Світові запаси хромітів у 27 країнах складають 3,5млрд.т, з них близько 80% зосереджені в Казахстані і ПАР з їх унікальними родовищами в сотні млн.т. На ці країни приходить 60% видобутку. Великі і середні родовища хромітів із запасами десятки мільйонів тонн знаходяться в Зімбабве, Індії, Туреччині, Філіппінах і Фінляндії. Щорічний видобуток хромітової руди досягає 13млн.т. Вартість хроміту для металургії складає 110-140\$ за тону, для вогнетривкої і хімічної промисловості 60-80\$ за тону, вартість металу складає до 1000\$ за тону. В Україні детально розвіданих і розроблю-

В залежності от количественного соотношения названных минералов в рудах изменяется качество руд. Наиболее ценными являются магнохромитовые руды, содержащие около 50% и более  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при относительно низком содержании FeO (около 15-18%).

Хромит используется в металлургии (65%), в производстве огнеупоров (18%) и химической промышленности (17%). Добавка феррохрома ( $\text{Cr}$ –65-70%;  $\text{C}$ –5-7%, остальное Fe) к сталям повышает их вязкость, твердость и устойчивость к коррозии. Сплавы хрома с кобальтом, вольфрамом или молибденом используется как антикоррозионные покрытия (хромирование). Используется хром в качестве огнеупорного материала для футеровки металлургических печей, получения красок и дубителей кож. В металлургической промышленности используются руды, содержащие не менее 49%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при отношении  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -FeO не ниже 3. Руды с 32%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при высоком содержании глинозема (15% и более), при низком содержании  $\text{SiO}_2$  (менее 6%) применимы для производства огнеупоров. Химическая промышленность использует руды, содержащие 49% и более  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , но не более 14% FeO и менее 5%  $\text{SiO}_2$ .

Мировые запасы хромитов в 27 странах составляют 3,5млрд.т, из них около 80% сосредоточены в Казахстане и ЮАР с их уникальными месторождениями в сотни млн.т. На эти страны приходится 60% добычи. Крупные и средние месторождения хромитов с запасами десятки миллионов тонн находятся в Зимбабве, Индии, Турции, Филиппинах и Финляндии. Ежегодная добыча хромитовой руды достигла 13млн.т. Стоимость хромита для металлургии составляет 110-140\$ за тонну, для огнеупорной и химической промышленности 60-80\$ за тонну, стоимость металла 1000\$ за тонну. В Ук-

вальних родовищ хрому немає. Перспективним є Капітановський масив ультраосновних порід у Середньому Побужжі Кіровоградської області, де виявлені дрібні родовища промислових хромітових руд із вмістом від 20 до 40%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Кларк хрому 0,0083%, підвищений його вміст відзначається в ультраосновних (0,2%) й основних (0,02%) породах.

В ендегенних умовах хром майже цілком концентрується в ультраосновних магмах і при їхній кристалізації утворює шліроподібні виділення вкраплених хромшпінелідових руд. На пізніх стадіях становлення масиву гіпербазитів залишковий розплав із хромітом проникає в ослаблені зони розкристалізованих порід, де формуються жильні, трубоподібні чи неправильні гілчасті рудні тіла масивних руд. Оскільки формування родовищ хромітів відбувається в ході магматичного процесу, то рудні тіла завжди залягають усередині масивів ультраосновних порід (перидотитів, дунітів, часто серпентизованих). Вони відносяться до групи магматичних і підрозділяються на ранньомагматичні та пізньомагматичні. В екзогенних умовах внаслідок руйнування корінних родовищ чи хромітоносних порід виникають елювіальні і делювіальні розсипи, що мають різко другорядне промислове значення.

Ранньомагматичні родовища характеризуються переважно лінзоподібними чи пластоподібними покладами вкраплених і масивних руд, пов'язаних з породами, що вміщують, поступовими переходами. Найбільше великі родовища цієї групи знаходяться в ПАР (Бушвельдський комплекс) і Родезії (Велика дайка). Бушвельдський комплекс представляє собою величезний лополіт (460x250км) диференційованих ("стратифікованих") порід

раїне детально розведаних і розробляємых месторождений хрома нет. Перспективным является Капитановский массив ультраосновных пород в Среднем Побужье Кировоградской области, где выявлены мелкие месторождения промышленных хромитовых руд с содержанием от 20 до 40%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Кларк хрома 0,0083%, повышенное его содержание отмечается в ультраосновных (0,2%) и основных (0,02%) породах.

В эндогенных условиях хром почти целиком концентрируется в ультраосновных магмах и при их кристаллизации образует шширообразные выделения вкрапленных хромшпинелидовых руд. На поздних стадиях становления массива гипербазитов остаточный расплав с хромитом проникает в ослабленные зоны раскристаллизовавшихся пород, где формируются жильные, трубообразные или неправильные ветвящиеся рудные тела массивных руд. Поскольку формирование месторождений хромитов происходит в ходе магматического процесса, то рудные тела всегда залегают внутри массивов ультраосновных пород (перидотитов, дунитов, часто серпентизированных). Они относятся к группе магматических и подразделяются на раннемагматические и позднемагматические. В экзогенных условиях в результате разрушения коренных (эндогенных) месторождений или хромитоносных пород возникают элювиальные и делювиальные россыпи, имеющие резко подчиненное промышленное значение.

Раннемагматические месторождения характеризуются преимущественно линзообразными или пластообразными залежами вкрапленных и массивных руд, связанных с вмещающими породами постепенными переходами. Наиболее крупные месторождения этой группы находятся в ЮАР (Бушвельдский комплекс) и Родезии

основного й ультраосновного складу, що впровадився в товщу кварцитів і ефузивів протерозою. Хроміти просліджуються у вигляді слоєподібних виділень потужністю від 2см до 2м серед комплексу чергуючих шарів дунітів, піроксенітів і перидотитів. По простяганню ці комплекси хромітових порід просліджуються на відстані до 100-200км, майже безупинно зберігаючи промислове зруденіння із вмістом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  вище 40%. Аналогічні родовища Великої дайки, що перетинають центральну частину Зімбабве з півночі на південь. Довжина Великої дайки 560км, ширина 3-13км, загальні запаси хромітів складають 200млн.т. Руди високої якості.

Пізньюмагматичні (гістеромагматичні) характеризуються лінзо-, жило-, трубоподібними формами покладів переважно масивних високоякісних руд. Найбільше великі хромітові родовища цього класу знаходяться в Казахстані, Індії, Туреччині, Філіппінах, Фінляндії, Албанії, Греції, Болгарії, Кубі.

Серед цих родовищ особливий інтерес представляє Кемпирсайська група в Казахстані, що відноситься до масиву слабо диференційованих гіпербазитів. Хромітові руди пов'язані з дунітами, серед яких вони залягають у вигляді лінзоподібних покладів, що іноді складно розгалужуються, розбитих післярудними руйнуваннями на блоки. Руди відрізняються високою якістю, містять платину і паладій (перші грами на тонну). Розміри рудних тіл змінюються від десятка метрів до півтора кілометрів по довжині при потужності від одиниць до десятка метрів.

(Великая дайка). Бушвельдский комплекс представляет собой огромный лополит (460x250км) дифференцированных (“стратифицированных”) пород основного и ультраосновного состава, внедрившийся в толщу кварцитов и эффузивов протерозоя. Хромиты прослеживаются в виде слоеподобных выделений мощностью от 2см до 2м среди комплекса чередующихся “слоев” дунитов, пироксенитов и перидотитов. По простиранию эти комплексы хромитовых пород прослеживаются на расстояния до 100-200км, почти непрерывно сохраняя промышленное оруденение с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  выше 40%. Аналогичные месторождения Великой дайки, пересекающие центральную часть Зимбабве с севера на юг. Протяженность Великой дайки 560км, ширина 3-13км, общие запасы хромитов составляют 200млн.т. Руды высокого качества.

Позднемагматические (гистеромагматические) характеризуются линзо-жило, трубообразными формами залежей преимущественно массивных высококачественных руд. Наиболее крупные хромитовые месторождения этого класса находятся в Казахстане, Индии, Турции, Филиппинах, Финляндии, Албании, Греции, Болгарии, Кубе.

Среди этих месторождений особый интерес представляет Кемпирсайская группа в Казахстане, приуроченная к массиву слабо дифференцированных гипербазитов. Хромитовые руды связаны с дунитами, среди которых они залегают в виде линзообразных, иногда сложно разветвляющихся залежей, разбитых послерудными разрушениями на блоки. Руды отличаются высоким качеством, содержат платину и палладий (первые граммы на тонну). Размеры рудных тел изменяются от десятка метров до полутора километров по протяженности при мощности от единиц до десятка метров.



### 3.2.5 Титан

Відкритий англійським хіміком У. Грегором у 1791р., титан тривалий час не мав практичного застосування. Лише із середини ХХст. завдяки дослідженню властивостей чистого титану, отриманого в 1925р., що показали його пластичність, тугоплавкість (1725<sup>0</sup>С), високу міцність, короїзну стійкість та інші цінні властивості, почав широко застосовуватися як конструкційний метал в авіаційній, суднобудівній, космічній техніці, залізничному транспорті, кольоровій металургії та інших галузях промисловості. Найголовніше значення мають високоміцні титанові сплави, карбід титану застосовується для виготовлення надтвердих матеріалів, а діоксид титану при виробництві стійкого титанового біліла, паперу і пластмас. Застосування діоксиду титану як пігменту постійно зростає і склало в 2004р. 4,5 млн.т, з яких на частку США і Західної Європи приходить 3,3 млн.т. Загальні запаси діоксиду титану в 20 країнах світу оцінюються в 420млн.т, близько 90% цих запасів зосереджені в Україні, Австралії, США, Бразилії, ПАР, Індії, КНР, Норвегії і Канаді. Сумарні запаси і ресурси титану України, де є одне унікальне і 23 найбільших і середніх родовищ, перевищує світовий потенціал цього виду сировини. Добуваються мінерали титану на 70% в основному з розсіпів, що містять головним чином ільменіт і в значно меншій мірі рутил. Річний їхній видобуток складає більше 5млн.т на рік: Австралія (2,5 млн.т у 2000р.), США (510 тис.т), Індія (400 тис.т), Україна (300 тис.т), ПАР (120 тис.т), Бразилія (100 тис.т) і т.п. Ціни на ільменітовий концентрат у 2004р. склали в середньому близько 80, а на рутиловий – 470\$/т. Унікальні корінні родовища мають запаси

### 3.2.5 Титан

Открыт английским химиком У. Грегором в 1791г, но долгое время не находил практического применения. Лишь с середины ХХв благодаря исследованию свойств чистого титана, полученного в 1925г, показавших его пластичность, тугоплавкость (1725<sup>0</sup>С), высокую прочность, коррозионную стойкость и другие ценные свойства, начал широко применяться как конструкционный металл в авиационной, судостроительной, космической технике, железнодорожном транспорте, цветной металлургии и других видах промышленности. Главнейшее значение имеет высокопрочные титановые сплавы, карбид титана применяется для изготовления сверхтвердых материалов, а диоксид титана при производстве стойких титановых белил, бумаги и пластмасс. Применения диоксида титана в качестве пигмента все время растет и составило в 2004г 4,5млн.т, из которых на долю США и Западной Европы приходится 3,3млн.т в год. Общие запасы диоксида титана в 20 странах мира оцениваются в 420млн.т, около 90% этих запасов сосредоточены в Украине, Австралии, США, Бразилии, ЮАР, Индии, КНР, Норвегии и Канаде. Суммарные запасы и ресурсы титана Украины, где имеется одно уникальное и 23 крупнейших и средних месторождений, превышает мировой потенциал этого вида сырья. Добываются минералы титана на 70% в основном из россыпей, содержащих главным образом ильменит и в значительно меньшей мере рутил. Годовая их добыча составляет более 4млн.т в год: Австралия (2,5млн.т в 2000г), США (510тыс.т), Индия (400тыс.т), Украина (300тыс.т), ЮАР (120тыс.т), Бразилия (100тыс.т) и др. страны. Цены на ильменитовый концентрат в 2004г составляли в среднем около 80, а на рутиловый – 470\$/т. Уникальные коренные месторождения об-

більше 50млн.т, великі і середні від 50 до 10, дрібні – менше 10 млн.т діоксиду титану. Для розсипових родовищ порядок цифр удвічі менше. Промислові родовища містять у корінних рудах більше 10%  $TiO_2$  і в розсипах більше 10% ільменіту або 1,5% рутилу. Шкідливими домішками в металургійній сировині є сірка і фосфор, для виробництва білила – хром.

Кларк титану 0,45%, підвищені його концентрації в основних породах (0,9%). Мінерали титану стійкі при вивітрюванні й утворюють значні скупчення в розсипах. Серед відомих на даний час 70 мінералів титану промисловими є ільменіт –  $FeTiO_3$  (31,6% Ti) і рутил  $TiO_2$  (60% Ti). Частково титан здобувають з лейкоксену, що утворюється при зміні ільменіту, і сфену (титаніту)  $CaTiSiO_5$ , а також лопариту  $(Na, Ca)TiO_3$ .

*Промислові родовища титану утворюються внаслідок магматичних, вулканогенно-осадових, екзогенних і метаморфогенних процесів. Магматичні родовища відносяться до великих інтрузивних масивів анортозитів (плагіоклазитів) площею в сотні і тисячі км<sup>2</sup>. Найбільше великі родовища цього типу Лак-Тіо із запасами 125млн.т гематит-ільменітових руд знаходяться у провінції Квебек. Воно дає близько 80% видобутку ільменітових концентратів Канади, що містять 35%  $TiO_2$  і 40% Fe. Родовище відноситься до анортозитового масиву овальної форми розміром 150x50км і складається з трьох полого падаючих рудних тіл шароподібної форми. Головне рудне тіло площею в 1км<sup>2</sup> має потужність до 90м. Багаті руди складені ільменітом (75%) і гематитом (25%), у них міститься  $TiO_2$ –32-38%, Fe–39-43%. Родовище пізньомагматичного генезису і пов'язане з нагромадженням залишкового рудного розплаву і його*

ладають запасами более 50млн.т, крупные и средние от 50 до 10, мелкие – менее 10млн.т диоксида титана. Для россыпных месторождений порядок цифр вдвое меньше. Промышленные месторождения содержат в коренных рудах более 10%  $TiO_2$  и в россыпях более 10% ильменита или 1,5% рутила. Вредными примесями в металлургическом сырье являются сера и фосфор, для производства белил – хром.

Кларк титана 0,45%, повышены его концентрации в основных породах (0,9%). Минералы титана устойчивы при выветривании и образуют значительные скопления в россыпях. Среди известных в настоящее время 70 минералов титана промышленными являются ильменит –  $FeTiO_3$  (31,6% Ti) и рутил  $TiO_2$  (60% Ti). Частично титан извлекают из лейкоксена, образующегося при изменении ильменита, и сфена (титанита)  $CaTiSiO_5$ , а также лопарита  $(Na, Ca)TiO_3$ .

*Промышленные месторождения титана образуются в результате магматических, вулканогенно-осадочных, экзогенных и метаморфогенных процессов. Магматические месторождения приурочены к крупным интрузивным массивам анортозитов (плагіоклазитов) площадью в сотни и тысячи км<sup>2</sup>. Наиболее крупное месторождения этого типа Лак-Тіо с запасами 125млн.т гематит-ильменитовых руд находится в провинции Квебек. Оно дает около 80% добычи ильменитовых концентратов Канады, содержащих 35%  $TiO_2$  и 40% Fe. Месторождение приурочено к анортозитовому массиву овальной формы размером 150x50км и состоит из трех полого падающих рудных тел пластообразной формы. Главное рудное тело площадью в 1км<sup>2</sup> имеет мощность до 90м. Богатые руды сложены ильменитом (75%) и гематитом (25%), в них содержится  $TiO_2$ –32-38%, Fe–39-43%. Месторождение позднемагматического генезиса и связано с*

впровадженням у тектонічні ослаблені зони анортозитових порід.

*Стремигородське родовище* апатит-ильменітових руд відноситься до найбільшого в Європі Иршанського титановорудного району Українського щита. Родовище розташоване в південній частині Чеповицького габроїдного масиву, що є складовою частиною великого Коростенського плутону гранітів і габро-анортозитів середнього протерозою. Рудне тіло овальної у плані форми розмірами 2,3х1км має форму воронки і занурюється на глибину до 1200м. Ильменітові руди містять  $TiO_2$  6,9-8,2%,  $P_2O_5$  2,8-4,5%, а також - значну кількість скандію і ванадію. Особливо продуктивні на титан габро і габро-перидотити, у яких кількість ильменіту може досягати 25%. Ильменіт представлений зернами діаметром до 1мм і їхніми скупченнями до 2-3см. У корі вивітрювання потужністю 5-40м, вміст ильменіту – 300-500кг/м<sup>3</sup>. Стремигородське комплексне родовище за своїми масштабами відноситься до унікального.

*Мало-Тагульське* родовище Иркутської області ильменіт-титано-магнетитових руд розташовується в одноіменному масиві габро-анортозитів площею близько 200км<sup>2</sup>. На шести ділянках зустрінуті крутопадаючі рудні поклади довжиною від 100 до 850м. На глибині вони простежені до 300м. Вміст  $TiO_2$  у титано-магнетитових концентратах 12-16%, заліза в рудах 20-33%.

*Вулканогенно-осадові* родовища утворилися в мілководних морських басейнах у зв'язку з підводною вулканічною діяльністю. Прикладом може служити родовище Нижній Мамон на півдні Воронезької області. Протягом більше 100 км тут простежена зона розламу, з яким була пов'язана інтенсивна вулканічна

накопленням остаточного рудного расплава и его внедрением в тектонические ослабленные зоны анортозитовых пород.

*Стремигородское месторождение* апатит-ильменитовых руд приурочено к наибольшему в Европе Иршанскому титановорудному району Украинского щита. Месторождение расположено в южной части Чеповичского габброидного массива, являющегося составной частью крупного Коростенского плутона гранитов и габбро-анортозитов среднего протерозоя. Рудное тело овальной в плане формы размерами 2,3х1км имеет форму воронки и погружается на глубину до 1200м. Ильменитовые руды содержат  $TiO_2$  6,9-8,2%,  $P_2O_5$  2,8-4,5%, а также вмещают значительное количество скандия и ванадия. Особенно продуктивны на титан габбро и габбро-перидотиты, в которых количество ильменита может достигать 25%. Ильменит представлен зернами диаметром до 1мм и их скоплениями до 2-3см. В коре выветривания мощностью 5-40м, содержание ильменита – 300-500кг/м<sup>3</sup>. Стремигородское комплексное месторождение по своим масштабам относится к уникальным.

*Мало-Тагульское* месторождение Иркутской области ильменит-титано-магнетитовых руд располагается в одноименном массиве габбро-анортозитов площадью около 200км<sup>2</sup>. На шести участках встречены крутопадающие рудные залежи протяженностью от 100 до 850м. На глубине они прослежены до 300м. Содержание  $TiO_2$  в титано-магнетитовых концентратах 12-16%, железа в рудах 20-33%.

*Вулканогенно-осадочные* месторождения образовались мелководных морских бассейнах в связи с подводной вулканической деятельностью. Примером может служить месторождение Нижний Мамон на юге Воронежской области. На протяжении бо-

діяльність у девоні. Туфогено-осадові породи Ястребовського горизонту потужністю до 35м збагачені ільменітом, кількість якого доходить місцями до 50% обсягу грубозернистих туфогених різновидів. Розміри зерен ільменіту в середньому 0,25-0,3мм. Його кількість різко зменшується при збільшенні в товщі терригенно-осадового матеріалу.

*Екзогенні родовища* титану представлені титаноносними кораами вивітрювання і розсиповими родовищами. Сучасні і поховані кори вивітрювання утворюються на габро-анортозитових (Волинський масив, Україна) магматичних і метаморфічних породах (Український щит, Казахстан). При винесенні лужних та інших елементів і утворенні глинистих мінералів у корі вивітрювання відбувається нагромадження стійких акцесорних мінералів, у тому числі ільменіту і рутилу. Потужність кор вивітрювання досягає декількох десятком метрів, при вмісті ільменіту до сотень, а рутилу до десятків кілограмів на м<sup>3</sup>. Мінеральний склад корінних порід істотно впливає на склад рудних мінералів у корі вивітрювання. Для Волинського габро-анортозитового масиву характерне збагачення тільки ільменітом (300-500кг/м<sup>3</sup>), тому що рутіл у корінних породах відсутній. На Кундибаєвському родовищі в Казахстані в корах вивітрювання метаморфічних порід ільменіту міститься до 180кг/м<sup>3</sup> і рутилу до 74кг/м<sup>3</sup>.

*Розсипові родовища* титану поділяються на прибережно-морські і континентальні. Головними є прибережно-морські комплексні ільменіт-рутил-цирконові розсипи, що бувають древніми, похованими і сучасними. Менше значення мають континентальні алювіально-делю-

єе100км здесь прослежена зона разлома, с которой была связана интенсивная вулканическая деятельность в девоне. Образовавшиеся туфогенно-осадочные породы Ястребовского горизонта мощностью до 35м обогащены ильменитом, количество которого доходит местами до 50% объема грубозернистых туфогенных разностей. Размеры зерен ильменита в среднем 0,25-0,3мм. Его количество резко уменьшается при увеличении в толще терригенно-осадочного материала.

*Екзогенні родовища* титану представлені титаноносними кораами вивітрювання і розсиповими родовищами. Сучасні і поховані кори вивітрювання утворюються на габро-анортозитових (Волинський масив, Україна) магматических і метаморфіческих породах (Український щит, Казахстан). При выносе щелочных и других элементов и образовании глинистых минералов в коре вивітрювання происходит накопление стойких акцесорных минералов, в том числе ильменита и рутила. Мощність кор вивітрювання досягає декількох десятком метрів, при содержании ильменита до сотен, а рутила до десятков кілограмів на м<sup>3</sup>. Мінеральний состав коренных пород существенно влияет на состав рудных минералов в коре вивітрювання. Для Волинского габро-анортозитового массива характерно обогащение только ильменитом (300-500кг/м<sup>3</sup>), т.к. рутіл в коренных породах отсутствует. На Кундыбаевском месторождении в Казахстане в корах вивітрювання метаморфических пород ильменита содержится до 180кг/м<sup>3</sup> и рутила до 74кг/м<sup>3</sup>.

*Розсипові родовища* титану діляться на прибережно-морські і континентальні. Головними являються прибережно-морські комплексні ільменіт-рутил-цирконові розсипи, які бувають древніми, похованими і сучасними. Менше значення мають континентальні алювіально-делю-

віальні розсипи ільменіту. Світовий видобуток з розсипів склав у 2000р. 3млн.т ільменіти і 420 тис.т рутилу, він виробляється в основному із сучасних прибережно-морських розсипів Західної Австралії, США, Індії, ПАР і Бразилії. Великі запаси ільменітових пісків виявлені на північному узбережжі Гренландії, східному узбережжі Мадагаскару, Мозамбіку і Нової Зеландії.

В Україні і Росії головне значення мають древні прибережно-морські розсипи у відкладеннях неогену і палеогену (Наддніпрянина, Ставропольське підняття, Зауралля та ін.) зустрічаються також мезозойські і палеозойські розсипи (Урал, Тиман та ін.). Ці розсипи є комплексними ільменіт-рутил-цирконовими, характеризуються великими розмірами і великими запасами. Вони утворюють пласто- і лінзоподібні поклади потужністю до 10 м і більше, довжиною до декількох десятків кілометрів при ширині до кілометра. Промисловий вміст ільменіту і рутилу в розсипах доходить до сотень кілограмів на м<sup>3</sup>. Джерелом прибережно-морських розсипів (чорних пісків) служать кори вивітрювання метаморфічних і магматичних порід.

*Континентальні розсипи* як правило містять ільменіт і поширені переважно в алювіальних і елювіальних утвореннях сучасних палеогенових і неогенових відкладеннях. Вони мають лінзоподібну форму і відносяться до долин рік. Ільменіт розміром 0,1-0,25мм і більше накопичується в грубоуламковому матеріалі нижніх частин розсипів – плотиках, його вміст змінюється від декількох десятків до декількох сотень кілограм на кубічний метр. Прикладом похованого прибережно-морського палеоген-неогенового комплексного розсипу може служити

вають древними, погребенними і сучасними. Меньше значення мають континентальні алювіально-делювіальні розсипи ільменіта. Мировая добыча из россыпей составила в 2000г 3млн.т ильменита и 420тыс.т рутила, она производится в основном из современных прибережно-морских россыпей Западной Австралии, США, Индии, ЮАР и Бразилии. Крупные запасы ильменитовых песков выявлены у северного побережья Гренландии, восточного побережья Мадагаскара, Мозамбика и Новой Зеландии.

В Украине и России главное значение имеют древние прибережно-морские россыпи в отложениях неогена и палеогена (Приднепровья, Ставропольское поднятие, Зауралье и др.) встречаются также мезозойские и палеозойские россыпи (Урал, Тиман и др.). Эти россыпи являются комплексными ильменит-рутил-цирконовыми, характеризуются большими размерами и крупными запасами. Они образуют пласто- и линзообразные залежи мощностью до 10м и более, протяженностью до нескольких десятков километров при ширине до километра. Промышленное содержание ильменита и рутила в россыпях доходит до сотен килограммов на м<sup>3</sup>. Источником прибережно-морских россыпей (черных песков) служили коры выветривания метаморфических и магматических пород.

*Континентальные россыпи* обычно содержат ильменит и распространены преимущественно в алювиальных и элювиальных образованиях современных палеогеновых и неогеновых отложениях. Они имеют обычно линзовидную форму и приурочены к долинам рек. Ильменит размером 0,1-0,25мм и более накапливается в грубообломочном материале нижних горизонтов россыпей – плотиках, его содержание изменяется от нескольких десятков до

Правобережне родовище Придніпровського району, а континентальної – Иршанське родовище Володарсько-Волинського району Житомирської області.

*Правобережне родовище* відноситься до полтавських і сарматських піщано-глинистих відкладень потужністю від 10 до 60 м, перекритих лесоподібними суглинками і глинами неогену й антропогену. Рудні поклади шароподібної форми мають значну потужність продуктивних пісків з великим скупченням у них важких мінералів титану і цирконію (до 70-90%). У полтавських пісках ці мінерали розташовуються у верхній частині, а в сарматських – по всьому розріз. Мінерали рудоносних пісків представлені ільменітом (44%), рутилом (16%), цирконом, а також ставролітом, силіманітом, дистеном, турмаліном (близько 10% кожного). У невеликих кількостях зустрічається хроміт, корунд, анатаз, ксенотим та інші, у тому числі уламки дрібних кристалів алмазу. Мінерали, як правило, дрібні (0,1-0,2 мм), обкатані. Продуктивні відкладення сарматського віку залягають на рудоносних пісках полтавської серії (мал. 3.8). Вони утворилися за рахунок перевідкладення останніх у прибережно-пляжній зоні середньосарматського моря.

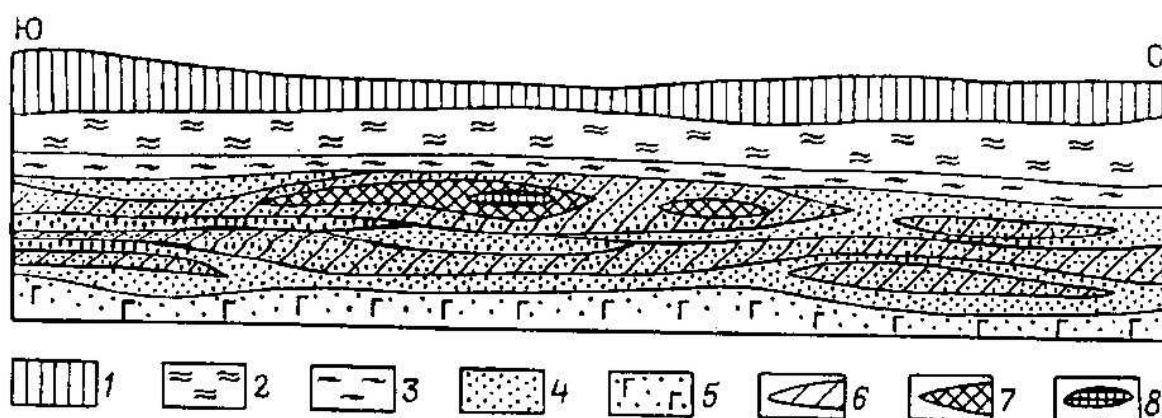
*Иршинське родовище* виникло при перемиві каолінових кор вивітрювання Володарсько-Волинського габро-анортозитового масиву. Розсипи антропогенового віку залягають у пісках на межиріччях і терасах у долині р. Ирші. Їхня потужність 1-15 м, вміст ільменіту складає від десятків до 100-200 кг/м<sup>3</sup>. В ільменіті Иршинського родовища містяться в кількостях, що заслуговують уваги, тугоплавкі (ніобій, тантал) та інші елементи.

нескольких сотен килограмм на кубический метр. Примером погребенной прибрежно-морской палеоген-неогеновой комплексной россыпи может служить Правобережное месторождение Приднепровского района, а континентальной – Иршанское месторождение Володарско-Волинского района Житомирской области.

*Правобережное месторождение* приурочено к полтавским и сарматским песчано-глинистым отложениям мощностью от 10 до 60 м, перекрытых лессовидными суглинками и глинами неогена и антропогена. Рудные залежи пластообразной формы имеют значительную мощность продуктивных песков с большим скоплением в них тяжелых минералов титана и циркония (до 70-90%). В полтавских песках эти минералы располагаются в верхней части, а в сарматских – по всему разрезу. Минералы рудоносных песков представлены ильменитом (44%), рутилом (16%), цирконом, а также ставролитом, силлиманитом, дистеном, турмалином (около 10% каждого). В небольших количествах встречается хромит, корунд, анатаз, ксенотим и другие, в том числе обломки мелких кристаллов алмаза. Минералы, как правило, мелкие (0,1-0,2 мм), окатанные. Продуктивные отложения сарматского возраста залегают на рудоносных песках полтавской серии (рис. 3.8). Они образовались за счет перетотложения последних в прибережно-пляжной зоне среднесарматского моря.

*Иршанское месторождение* возникло при перемыве каолиновых пор выветривания Володарско-Волинского габбро-анортозитового массива. Россыпи антропогенового возраста залегают в песках на междуречьях и террасах в долине р. Ирши. Их мощность 1-15 м, содержание ильменита составляет от десятков до 100-200 кг/м<sup>3</sup>. В ильмените, разрабатываемом Иршанским

ГОК, содержатся в заслуживающих внимания количествах тугоплавкие (ниобий, тантал) и другие элементы.



Мал. 3.8. Поперечний розріз сарматського ільменітового розсипу Правобережного району (по М. Веклич і ін.):

1 - леси і лесовидні суглинки; 2 - глини і суглинки; 3 - глини; 4,5 - піски (4-кварцові, 5-кварц-глауконитові); 6-8 - вміст важких мінералів: 6-низький, 7-високий, 8-дуже високий.

Рис. 3.8. Поперечный разрез сарматской ильменитовой россыпи Правобережного района (по М.Веклич и др.):

1 – лёссы и лёссовидные суглинки; 2 – глины и суглинки; 3 – глины; 4,5 – пески (4-кварцевые, 5-кварц-глауконитовые); 6-8 – содержание тяжелых минералов: 6-низкое, 7-высокое, 8-очень высокое.

Метаморфогенні родовища титану поділяються на метаморфізовані, тобто, такі що утворилися при метаморфізмі древніх розсипів чи корінних первинно-магматичних руд і на метаморфічні, виниклі при метаморфізмі порід, збагачених титаном. Прикладом промислових родовищ першого типу є Отномьяки у Фінляндії, які належать до амфіболітів і утворилися внаслідок регіонального метаморфізму рудоносного габро. У багатих рудах цього родовища в середньому 12%TiO<sub>2</sub>. Ярегське родовище лейкоксену на Південному Тимане представляє собою похований метаморфізований розсип девонського віку. Рудні мінерали представлені зернами лейкоксену (суміш сфену, гідрату окису титану та ін.) і одиничними зернами ільменіту. У багатих пробах міститься 8-10%TiO<sub>2</sub>.

Метаморфічні родовища утворюються внаслідок метаморфізму магматичних і

Метаморфогенные месторождения титана делятся на метаморфизованные, т.е. образовавшиеся при метаморфизме древних россыпей или коренных первично-магматических руд и на метаморфические, возникшие при метаморфизме пород, обогащенных титаном. Примером промышленных месторождений первого типа является Отномьяки в Финляндии, приуроченное к амфиболитам, образовавшимся в результате регионального метаморфизма рудоносного габбро. В богатых рудах этого месторождения в среднем 12%TiO<sub>2</sub>. Ярегское месторождение лейкоксена на Южном Тимане представляет собой погребенную метаморфизованную россыпь девонского возраста. Рудные минералы представлены зернами лейкоксена (смесь сфена, гидрата окиси титана и др. минералов) и единичными зернами ильменита. В богатых пробах содержится 8-10%TiO<sub>2</sub>.

Метаморфические месторождения об-

осадових порід, збагачених титаном. При цьому відбувається перерозподіл титану з утворенням до 20-25% рутилу в докембрійських хлоритових сланцях родовища Харворт у США або докембрійських гнейсах родовища Плюмо Ідальго в Мексиці.

### 3.3 Кольорові метали

Група кольорових металів включає мідь, свинець, цинк, алюміній, нікель, кобальт, вольфрам, молибден, олово, магній, сурму і ртуть. Розвиток радіоелектроніки, обчислювальної техніки, літако-, авто-, моторо-, і ракетобудування і багатьох інших галузей промисловості на даний час неможна уявити без використання кольорових металів.

Руди кольорових металів відрізняються як правило комплексним, дуже різноманітним складом, у них дуже поширені рідкісні і розсіяні елементи. У зв'язку з технічним прогресом усі ці побіжні елементи руд кольорових металів набувають особливої цінності. При цьому варто врахувати, що руди кольорових металів є єдиним джерелом багатьох розсіяних елементів. Наприклад, селен, телур, кадмій, частково германій, рений та інші добуваються з мідноколчеданних, поліметалевих руд або їхніх концентратів. Звідси очевидним стає завдання комплексного використання цих руд у зв'язку з чим необхідне детальне вивчення мінерального і хімічного складу їх у процесі геологічної розвідки.

Руди кольорових металів відрізняються низьким вмістом корисних компонентів, часто складової частки відсотків і і рідко перевищують 10%. Металургійна промисловість, як правило, використовує

разуються в результаті метаморфізму магматических и осадочных пород, обогащенных титаном. При этом происходит перераспределение титана с образованием до 20-25% рутила в докембрійських хлоритових сланцях месторождения Харворт в США или докембрійських гнейсах месторождения Плюмо Ідальго в Мексике.

### 3.3 Цветные металлы

Група цветных металлов включает алюминий, медь, свинец, цинк, никель, кобальт, вольфрам, молибден, олово, магний, сурму и ртуть. Развитие радиоэлектроники, вычислительной техники, самолёто-, авто-, моторо-, и ракетостроения и многих других отраслей промышленности в настоящее время немыслимо без использования цветных металлов.

Руды цветных металлов отличаются обычно комплексным, очень разнообразным составом, в них широко распространены редкие и рассеянные элементы. В связи с техническим прогрессом все эти попутные элементы руд цветных металлов приобретают особую ценность. При этом следует учесть, что руды цветных металлов оказываются единственным источником многих рассеянных элементов. Например, селен, телур, кадмий, частично германий, рений и др. извлекаются из мідноколчеданних, полиметаллических руд или их концентратов. Отсюда очевидной становится задача комплексного использования этих руд в связи, с чем необходимо детальное изучение минерального и химического состава их в процессе геологической разведки.

Руды цветных металлов отличаются низкими содержаниями полезных компонентов, часто составляющими доли процентов и редко превышающими 10%. Ме-



концентрати, одержувані шляхом збагачення руд, що добуваються. Технологічна схема збагачення змінюється залежно від мінералогічного складу руд і вартості застосовуваних реагентів.

Нарешті, слід зазначити, що масштаби родовищ кольорових металів у порівнянні з чорними відносно невеликі. Запаси металів навіть у великих родовищах досягають декількох сотень тисяч (рідше мільйонів тонн), причому, часто вони розподілені в декількох (іноді багатьох) рудних тілах у більшості випадків складної форми і невеликих розмірів. Усе це визначає складність горнотехнічних умов відпрацьовування і необхідність солідних витрат технічних і матеріальних засобів і праці на геологічну розвідку родовищ кольорових металів.

Зростання потреби в кольорових металах при відносно невеликій кількості їхніх запасів у багатих рудах і невеликих розмірах таких родовищ обумовлюють необхідність залучення в промисловість бідних і навіть убогих руд. Значне подорожання при цьому процесу збагачення (з одного боку за рахунок ускладнення технології, з іншого – внаслідок різкого збільшення обсягів матеріалу, що переробляється,) повинне компенсуватися значним зниженням вартості гірничодобувних робіт, транспортних витрат, ростом продуктивності праці шляхом удосконалювання технології гірничих робіт, механізацією і комп'ютеризацією всіх ланок процесу. Поставлені задачі визначили тенденцію до зниження кондицій по вмісту і до переважного розвитку гірничодобувної промисловості на великих і дуже великих родовищах.

таллургическая промышленность, как правило, использует концентраты, получаемые путём обогащения добываемых руд. Технологическая схема обогащения изменяется в зависимости от минералогического состава руд и стоимости применяемых реагентов.

Наконец, следует отметить, что масштабы месторождений цветных металлов по сравнению с чёрными относительно небольшие. Запасы металлов даже в крупных месторождениях достигают нескольких сотен тысяч (реже миллионов тонн), причём часто они распределены в нескольких (иногда многих) рудных телах в большинстве случаев сложной формы и небольших размеров. Всё это определяет сложность горнотехнических условий отработки и необходимость солидных затрат технических и материальных средств и труда на геологическую разведку месторождений цветных металлов.

Возрастание потребности в цветных металах при относительно небольшом количестве их запасов в богатых рудах и обычно небольших размерах таких месторождений обуславливают необходимость вовлечения в промышленность бедных и даже убогих руд. Значительное удорожание при этом процесса обогащения (с одной стороны за счёт усложнения технологии, с другой – вследствие резкого увеличения объёмов перерабатываемого материала) должно компенсироваться значительным снижением стоимости горно-добычных работ, транспортных расходов, ростом производительности труда путём совершенствования технологии горных работ, механизацией и компьютеризацией всех звеньев процесса. Поставленные задачи определили тенденцию к снижению кондиций по содержанию и к преимущественному развитию горнодобывающей промышленности на крупных и очень крупных месторождениях.

### 3.3.1 Алюміній

Алюміній був відкритий у 1827р. німецьким хіміком Ф.Велером. Однак початок його промислового використання відноситься лише до кінця XIX сторіччя, коли був винайдений спосіб електролітичного одержання алюмінію. Завдяки своїй легкості (щільність  $2,7\text{г/см}^3$ ), високої електропровідності, великій короїзійній стійкості і достатній механічній міцності, особливо в сплавах з Cu, Si, Mg, Ti та іншими металами він придбав величезне значення в промисловості. Алюміній широко застосовується в авіаційній, автомобільній, електротехнічній галузях виробництва, у будівництві, вогнетривкій кераміці, при виготовленні пакувальних матеріалів (фольга) і предметів домашнього побуту. Найтонший порошок алюмінію йде на виготовлення пальних і вибухових сумішей, виготовлення сріблистої фарби. Деякі сорти бокситів - основної руди на алюміній – використовуються для виробництва корунду, наждаку й абразивних матеріалів.

Загальні запаси бокситів у 54 країнах світу – 70млр.т, 95% з них зосереджені в тропічному поясі, в тому числі 30% приходить на Гвінею, 40% - на Австралію, Венесуелу, Бразилію, Індію, В'єтнам і Ямаїку. Видобуток бокситів складає більше 15 млн.т на рік, їх розробляють головним чином в Австралії, Гвінеї, Ямаїці, Бразилії, КНР та Індії. Виплавка алюмінію досягла 20 млн.т на рік і продовжує зростати. Ціна 1т алюмінію в 2004р. склала 1750\$/т, у наступні два роки передбачається її зростання до 1800-1900\$/т у зв'язку з підвищеним попитом на цей метал.

Унікальними є родовища із запасами бокситів більше 500 млн.т, великими і середніми – 500-50 і дрібними – менше

### 3.3.1 Алюминий

Алюминий был открыт в 1827г немецким химиком Ф.Велером. Однако начало его промышленного использования относится лишь к концу XIX столетия, когда был изобретен способ электролитического получения алюминия. Благодаря своей легкости (плотность  $2,7\text{г/см}^3$ ), высокой электропроводности, большой коррозионной устойчивости и достаточной механической прочности, особенно в сплавах с Cu, Si, Mg, Ti и др. металлами он приобрел огромное значение в промышленности. Алюминий широко применяется в авиационной, автомобильной, электротехнической отраслях производства, в строительстве, огнеупорной керамике, при изготовлении упаковочных материалов (фольга) и предметов домашнего обихода. Тончайший порошок алюминия идет на изготовление горючих и взрывчатых смесей, изготовление серебряистой краски. Некоторые сорта бокситов – основной руды на алюминий – используются для производства корунда, наждака и абразивных материалов.

Общие запасы бокситов в 54 странах мира – 88млр.т, 95% из них сосредоточены в тропическом поясе в том числе 30% приходится на Гвинею, 40% – на Австралию, Венесуэлу, Бразилию, Индию, Вьетнам и Ямаїку. Добыча бокситов составляет более 15млн.т в год, их разрабатывают главным образом в Австралии, Гвинее, Ямаїке, Бразилии, КНР и Индии. Виплавка алюминия достигла 20млн.т в год и продолжает расти. Цена 1т алюминия в 2004г составила 1750\$/т, в последующие два года предполагается ее рост до 1800-1900\$/т в связи с повышенным спросом на этот металл.

Унікальними являются месторождения с запасами бокситов более 500млн.т, крупными и средними – 500-50 и мелкими – менее 50. Содержание глинозема в бокситах

50. Вміст глинозему в бокситах повинен бути більше 28%, а кремнезему – у 2,6 разів менше. У шламах, що утворюються при переробці бокситів, установлена можливість витягу галію, скандію, цирконію, ванадію, ніобію, рідкісних земель та інших побіжних компонентів. Однак промисловий спосіб їхнього витягу не розроблений.

У Росії винайдений спосіб одержання алюмінію з високоглиноземистих порід (андалузитових, сіліманітових, дистенових метаморфічних сланців). У Польщі і Франції успішно випробуван новий метод переробки відходів вугільного виробництва для витягу глинозему, а в Бразилії і Гайані добувають каолін для виробництва глинозему.

Кларк алюмінію – 8,05%, він входить до складу близько 250 мінералів, але головне промислове значення мають беміт і діаспор –  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (85%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) гіббсит (гідраргіліт) –  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (65,4%), а також алуніт –  $\text{KAl}_3[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_6$  (37%) і нефелін  $\text{KNa}[\text{AlSi}_4]_4$  (34%). Перші три мінерали є головною складовою частиною бокситів, що представляють собою їхню тонку механічну суміш разом із глинистими мінералами, кварцом, оксидами і гідроксидами заліза, що зафарбовують, як правило, боксити в червоно-бурі кольори різних відтінків.

Усі промислові типи бокситових родовищ відносяться до екзогенних утворень. Вони поділяються на родовища вивітрювання й осадові. Родовища вивітрювання, у свою чергу, поділяються на залишкові латеритні і перевідкладені, а осадові – на геосинклінальні і платформні.

*Залишкові латеритні родовища* утворюються внаслідок інтенсивного хімічного вивітрювання алюмосилікатних порід у тропічних або субтропічних умовах

должно быть более 28%, а кремнезема – в 2,6 раз меньше. В шламах, образующихся при переработке бокситов установлена возможность извлечения галлия, скандия, циркония, ванадия, ниобия, редких земель и других попутных компонентов. Однако промышленный способ их извлечения не разработан.

В России изобретен способ получения алюминия из высокоглиноземистых пород (андалузитовых, силлиманитовых, дистеновых метаморфических сланцев). В Польше и Франции успешно опробован новый метод переработки отходов угольного производства для извлечения глинозема, а в Бразилии и Гайане добывают каолин для производства глинозема.

Кларк алюминия – 8,05%, он входит в состав около 250 минералов, но главное промышленное значение имеют бемит и диаспор –  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (85%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) гиббсит (гидраргиллит) –  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (65,4%), а также алунит –  $\text{KAl}_3[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_6$  (37%) и нефелин  $\text{KNa}[\text{AlSiO}_4]_4$  (34%). Первые три минерала являются главной составной частью бокситов, представляющих собой их тонкую механическую смесь вместе с глинистыми минералами, кварцем, оксидами и гидроксидами железа, окрашивающими обычно бокситы в красно-бурый цвет различных оттенков.

Все промышленные типы бокситовых месторождений относятся к экзогенным образованиям. Они делятся на месторождения выветривания и осадочные. Месторождения выветривания, в свою очередь, делятся на остаточные латеритные и перетолженные, а осадочные – на геосинклинальные и платформенные.

*Остаточные латеритные месторождения* образуются в результате интенсивного химического выветривания алюмосилікатных пород в тропических или суб-

при характерній зміні сухих і вологих тобто дощових сезонів. При цьому відбувається інтенсивне тривале промивання теплою дощовою водою, винесення лугів і кремнезему і нагромадження вільних оксидів алюмінію, заліза і титану. Латеритні родовища, особливо кайнозойських тропічних областей, мають величезне практичне значення.

*Боке* є найбільшим у світі родовищем латеритних бокситів, розташованим у північно-західній частині Гвінеї. Бокситові поклади родовища відносяться до горбкуватих височин (бовалям), облямованих долинами рік глибиною до 100м. Бокситові латерити утворилися внаслідок інтенсивного вивітрювання силурійських граптолітових сланців у палеоген-неогеновий період в умовах слабборозчленованої пенеппленізованої рівнини. Потужність латеритної кори вивітрювання 10-15м. Боксити виходять на поверхню і, як правило, перекриті залізистими латеритами (кірасою). На родовищі виявлено більше 100 бокситових покладів на площі понад 3500км<sup>2</sup> (мал.3.9). Відзначається два різновиди бокситів: елювіальні і делювіальні. Генетично і просторово вони тісно пов'язані між собою і переходять один в одне.

Основними рудоутворюючими мінералами бокситів є гібсит і гематит з домішкою у верхніх частинах покладу бемиту (до 10%), каолініту (2-3%) і титанових мінералів. Колір бокситів, як правило, ясно-рожевий, бурий чи червонясто-коричневий, текстура брекчийова, конгломератова чи пориста. Вони характеризуються високим вмістом глинозему (51-62%), низьким вмістом кремнезему (1-2), оксидів заліза (2-6) і титану (2-3). При бортовому вмісті глинозему 50% загальні запаси родовища, доступні для відкри-

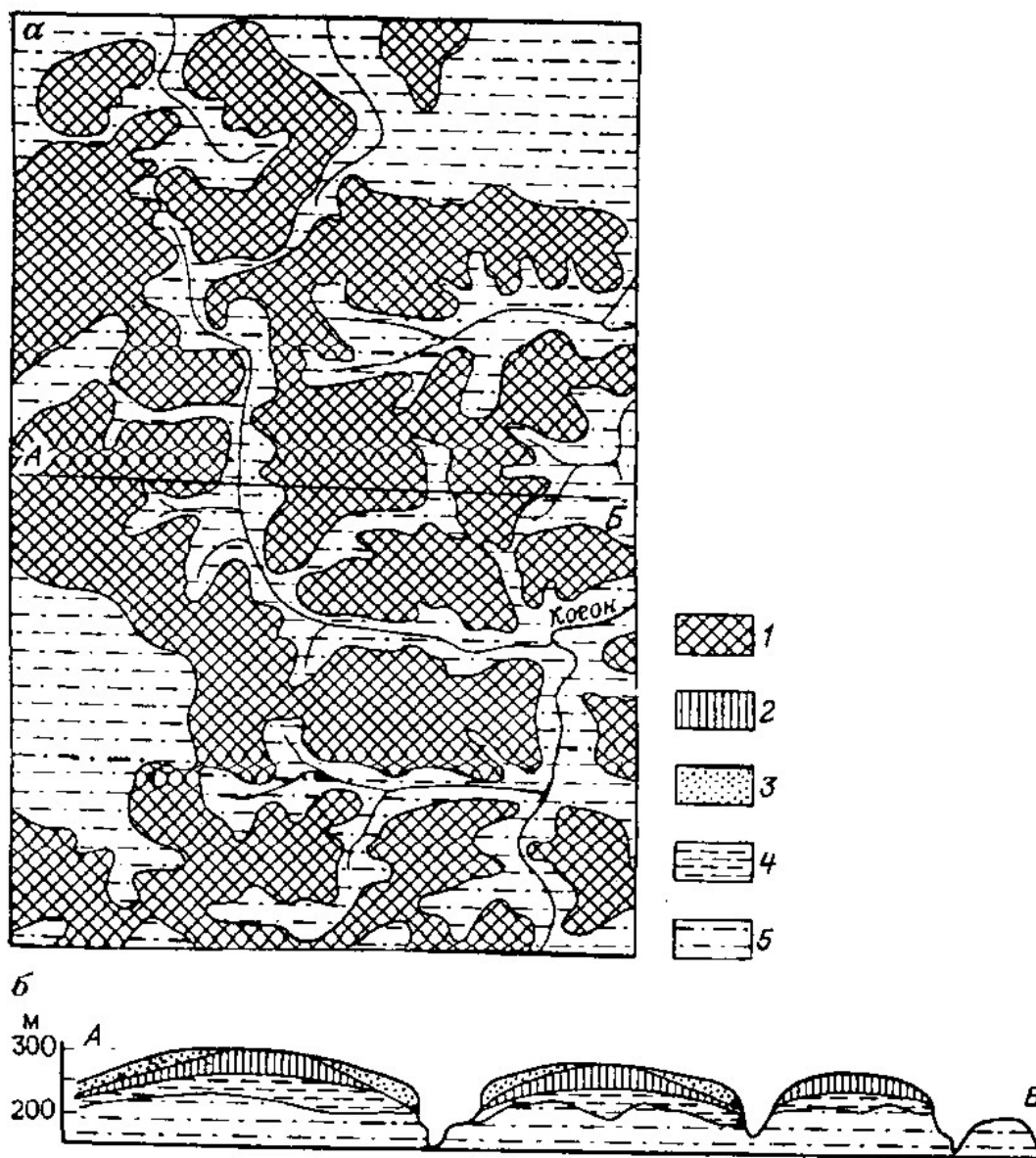
тропических условиях при характерной смене сухих и влажных т.е. дождевых сезонов. При этом происходит интенсивная длительная промывка теплой дождевой водой, вынос щелочей и кремнезема и накопление свободных оксидов алюминия, железа и титана. Латеритные месторождения, особенно кайнозойских тропических областей, имеют огромное практическое значение.

*Боке* является таким крупнейшим в мире месторождением латеритных бокситов, расположенным в северо-западной части Гвинеи. Бокситовые залежи месторождения приурочены к холмистым возвышенностям (бовалям), окаймленным долинами рек глубиной до 100м. Бокситовые латериты образовались в результате интенсивного выветривания силурийских граптолитовых сланцев в палеоген-неогеновое время в условиях слабборазчлененной пенеппленезированной равнины. Мощность латеритной коры выветривания 10-15м. Бокситы выходят на поверхность и, как правило, перекрыты железистыми латеритами (кирасой). На месторождении выявлено более 100 бокситовых залежей на площади свыше 3500км<sup>2</sup> (рис.3.9). Отмечается две разновидности бокситов: элювиальные и делювиальные. Генетически и пространственно они тесно связаны между собой и переходят друг в друга.

Основными рудообразующими минералами бокситов являются гиббсит и гематит с примесью в верхних частях залежи бемита (до 10%), каолинита (2-3%) и титановых минералов. Цвет бокситов обычно светло-розовый, бурый или красновато-коричневый, текстура брекчиевая, конгломератова или пористая. Они характеризуются высоким содержанием глинозема (51-62%), низким содержанием кремнезема (1-2), оксидов железа (2-6) и титана (2-3). При бортовом содержании

того видобутку, складають близько 3млрд.т.

глинозема 50% общие запасы месторождения, доступны для открытой добычи, составляют около 3млрд.т.



Мал. 3.9. Схема розташування (а) і розріз (б) бокситорудних покладів родовища Боке (Гвінея) (по І. Дубовскої і Б. Одокію):

1 - поклади бокситів; 2,3 - боксити (2-структурні, 3-уламкові); 4 - аліти, каолинові глини; 5 - граптолітові сланці та інші теригенні породи ордовіка.

Рис. 3.9. Схема расположения (а) и разрез (б) бокситорудных залежей месторождения Боке (Гвинея) (по И.Дубовской и Б.Одокию):

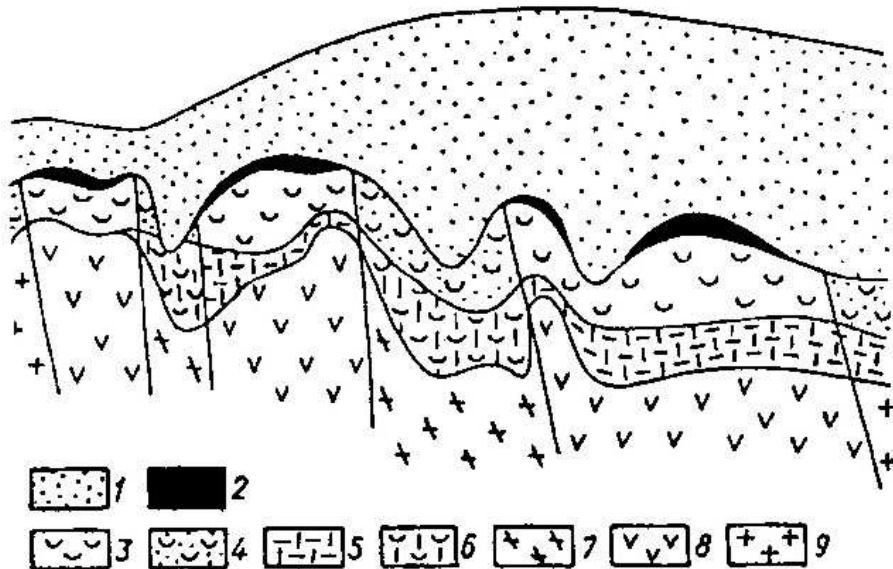
1 – залежи бокситов; 2,3 – бокситы (2-структурные, 3-обломочные); 4 – аллиты, каолиновые глины; 5 – граптолитовые сланцы и другие терригенные породы ордовика.

Високопольське родовище бокситів у Середній Наддніпрянщині на Україні є прикладом похованого родовища. Боксити утворюють (мал.3.10) верхню зону латеритного розрізу кори вивітрювання по-

Высокопольское месторождение бокситов в Среднем Приднепровье на Украине является примером погребного месторождения. Бокситы образуют (рис.3.10) верхнюю зону латеритного разреза кори вывет-

рід основного складу (амфіболіти, біотитові гнейси). Поклади бокситів неправильної форми, контури їх у плані мають звивисту конфігурацію. Кора вивітрювання перекрита осадовими породами верхнього палеогену-неогену. Боксити відносяться до гібситового і гібсит-гідрогетитового типу, за якісними характеристиками виглядаються три основні сорти, один із яких придатний для одержання глинозему. Запаси по промислових категоріях складають 19млн.т бокситів із вмістом 38,5% глинозему.

ривання порід основного складу (амфіболіти, биотитовые гнейсы). Залежи бокситов неправильной формы, контуры их в плане имеют извилистую конфигурацию. Кора выветривания перекрыта горизонтально залегающими осадочными породами верхнего палеогена-неогена. Бокситы относятся к гиббситовому и гиббсит-гидрогетитовому типу, по качественным характеристикам выделяются три основных сорта, один из которых пригоден для получения глинозема. Запасы по промышленным категориям составляют 19млн.т бокситов с содержанием 38,5% глинозема.



Мал. 3.10. Геологічний розріз Високопольського родовища (по М.К. Славутському):

1 - відкладення четвертинної, неогенової і палеогенової систем; 2 - боксити; 3 - строкатопофарбовані залізисті безкварцові каоліни; 4 - світлі каоліни з кварцом; 5 - монтморилонітові породи; 6 - гідрослюдиисто-каолінітові породи; 7 - біотитові гнейси; 8 - амфіболіти і пов'язані з ними сланці (хлоритові, роговообманкові й ін.); 9 - плагіоклазові граніти.

Рис. 3.10. Геологический разрез Высокотпольского месторождения (по М.К.Славутскому):

1 – отложения четвертичной, неогеновой и палеогеновой систем; 2 – бокситы; 3 – пестроокрашенные железистые бескварцевые каолины; 4 – светлые каолины с кварцем; 5 – монтмориллонитовые породы; 6 – гидрослюдисто-каолининовые породы; 7 – биотитовые гнейсы; 8 – амфиболиты и связанные с ними сланцы (хлоритовые, роговообманковые и др.); 9 – плагиоклазовые граниты.

*Залишкові перевідкладені родовища* відомі в Австралії, США, Гвіані та інших країнах. Родовища Гвіанської берегової рівнини утворюють бокситоносну провінцію, витягнуту вздовж узбережжя Атлантичного океану на 600км при ширині 100-150км. Родовища відносяться до пів-

*Остаточные переотложенные месторождения* известны в Австралии, США, Гвиане и др. странах. Месторождения Гвианской береговой равнины образуют бокситоносную провинцию, вытянутую вдоль побережья Атлантического океана на 600км при ширине 100-150км. Месторождения

нічного схилу Гвіанського щита, складеного гранітами, діоритами і метаморфізованими осадовими вулканогенними докембрійськими породами. На породах древнього фундаменту розташовані піщано-глинисті відкладення мезозойско-кайнозойського віку. Латеритні боксити залягають на плоских вершинах і схилах пологіх пагорбів древнього фундаменту висотою до 55м, що облямовують берегову рівнину. Потужність бокситових шароподібних покладів - до 12м. У піщано-глинистих породах розташовані перевідкладені алювіальні боксити неоген-палеогенового віку. Потужність лінзоподібних покладів - до 10м. Найбільше високоякісні боксити відносяться до центральних частин бокситових покладів. Серед бокситоносних відкладень спостерігаються горизонтальна шаруватість, лінзи і прошарки вуглистих глин і лігнітів. Боксити дуже високої якості містять від 58 до 66 %  $Al_2O_3$  при мінімальному вмісті кремнезему й оксидів заліза (0,1 – 2,5%). Загальні запаси бокситів провінції - 850 млн. т.

*Родовища Австралії* розташовані в північній і південно-західній частинах країни. Вони представлені пластовидними покладами площею в сотні квадратних кілометрів, що належать до площ розвитку латеритного покриву по докембрійським метаморфічним і виверженим породах (родовища Уейпа, Гов), базальтах і пірокластичних породах (Митчел-Плато), долеритах і глинистих сланцях (Дарлинг-Рейндж). У бокситоносній товщі, як правило, виглядаються два чи три горизонти потужністю 2-15м, що складені переважно пизолитовими, гальковими, гравійними і брекчийовими бокситами, зцементованими більше пухкою породою такого ж хімічного і мінераль-

приурочені к северному склону Гвианского щита, сложенного гранитами, диоритами и метаморфизованными осадочными вулканогенными докембрійськими породами. На породах древнього фундаменту розташовані піщано-глинисті відкладення мезозойско-кайнозойського віку. Латеритні боксити залягають на плоских вершинах і схилах пологіх холмов древнього фундаменту висотою до 55м, окаймлюючих берегову рівнину. Потужність бокситових пластовидних залежей - до 12м. В піщано-глинистих породах розташовані перевідкладені алювіальні боксити неоген-палеогенового віку. Потужність лінзоподібних залежей - до 10м. Найбільше високоякісні боксити приурочені к центральним частям бокситових залежей. Среди бокситоносних відкладень спостерігаються горизонтальна слоистість, лінзи і прослой вуглистих глин і лігнітів. Боксити очень високого качества содержат от 58 до 66 %  $Al_2O_3$  при минимальном содержании кремнезема и оксидов железа (0,1 – 2,5%). Общие запасы бокситов провинции - 850 млн. т.

*Месторождения Австралии* расположены в северной и юго-западной частях страны. Они представлены пластовидными залежами площадью в сотни квадратных километров, приуроченными к площадям развития латеритного покрова по докембрійським метаморфическим и изверженным породам (месторождения Уэйпа, Гов), базальтам и пирокластическим породам (Митчел-Плато), долеритам и глинистым сланцам (Дарлинг-Рейндж). В бокситоносной толще обычно выделяются два или три горизонта мощностью 2-15м, которые сложены преимущественно пизолитовыми, галечными, гравийными и брекчиевыми бокситами, сцементированными более рыхлой породой такого же химического

ного складу, що й уламкові боксити. Якість бокситів дуже висока, у середньому вони містять (у % мас.):  $Al_2O_3$ -50-62;  $SiO_2$ -3-5;  $Fe_2O_3$ -12-20. Їхній склад як правило гібситовий при підлеглий кількості бемиту, у рудах відзначена присутність гематиту, магнетиту, каолініту, діаспору, анатазу, корунду, кварцу.

Бокситові поклади утворилися внаслідок перевідкладення і, ймовірно, наступної бокситизації латеритної кори вивірювання в пізньомеловий і ранньопалеогеновий час.

Загальні запаси бокситів родовищ Австралії оцінюються в 6,7 млрд. т.

*Осадкові родовища* формуються внаслідок перенесення і перевідкладення високоглиноземистих порід. У геосинкліналях родовища формувалися слідом за перервою в опадонакопиченні в прибережно-морських умовах. Бокситоносний горизонт переважно розташовується в основі карбонатної товщі, трансгресивно залягає на закарстованій поверхні більше древніх вапняків. Серед родовищ даного класу відомі значні за запасами, що відіграють важливу роль у промисловості. Такі родовища Північно-Уральської групи, Югославії, Угорщини, Франції, Італії, Греції.

В осадочних геосинклінальних родовищах рудні тіла представляють собою платоподібні поклади з як правило нерівною нижньою поверхнею, що відбиває конфігурацію карсту рудомістких вапняків, і досить рівною покрівлю (мал.3.11). Бокситоносні горизонти розповсюджені по простяганню на десятки і сотні кілометрів, рудні поклади – на кілометри. Бокситоносні товщі як правило змяті в складки і розбиті численними розривами. Характерними представниками цього класу є родовище

и минерального состава, что и обломочные бокситы. Качество бокситов очень высокое, в среднем они содержат (в % мас.):  $Al_2O_3$ -50-62;  $SiO_2$ -3-5;  $Fe_2O_3$ -12-20. Их состав обычно гиббситовый при подчиненном количестве бемита, в рудах отмечено присутствие гематита, магнетита, каолинита, диаспора, анатаза, корунда, кварца.

Бокситовые залежи образовались в результате переотложения и, вероятно, последующей бокситизации латеритной коры выветривания в поздне меловое и раннепалеогеновое время.

Общие запасы бокситов месторождений Австралии оцениваются в 6,7 млрд. т.

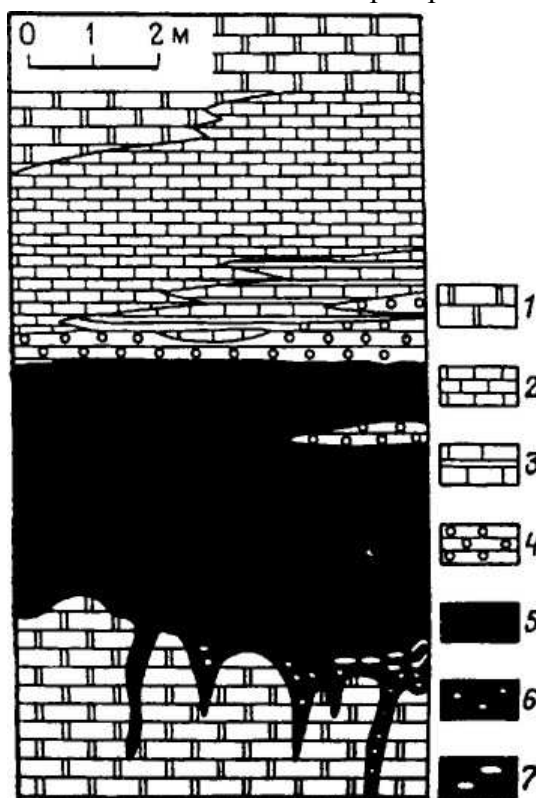
*Осадочные месторождения* формируются в результате переноса и переотложения высокоглиноземистых пород. В геосинклиналиях месторождениях формировались вслед за перерывом в осадконакоплении в прибрежно-морских условиях. Бокситоносный горизонт обычно располагается в основании карбонатной толщи, трансгрессивно залегающей на закарстованной поверхности более древних известняков. Среди месторождений данного класса известны значительные по запасам, играющие важную роль в промышленности. Таковы месторождения Северо-Уральской группы, Югославии, Венгрии, Франции, Италии, Греции.

В осадочных геосинклинальных месторождениях рудные тела представляют собой платообразные залежи с чрезвычайно неровной нижней поверхностью, отражающей конфигурацию карста рудовмещающих известняков, и достаточно ровной кровлей (рис.3.11). Бокситоносные горизонты прослеживаются по простиранию на десятки и сотни километров, рудные залежи – на километры. Бокситоносные толщи обычно смяты в складки и разбиты многочисленными разрывами. Ха-



східного схилу Північного Уралу. Бокситоносний пласт має меридіональне простягання і пологіе східне падіння. Поперечними і діагональними скиданнями і безрудними ділянками шар розділяється на ряд родовищ. Промислове зруденіння відноситься до бітумінозних вапняків, що залягають трансгресивно на закарстованій поверхні рифогенних масивних вапняків. Вік бокситоносного горизонту нижньої ейфельської. Джерелом бокситоутворюючих компонентів служила кора вивітрювання верхньосилурийських ефузивів, масиви яких розташовані на захід.

рактерними представителями цього класу является месторождение восточного склона Северного Урала. Бокситоносный пласт имеет меридиональное простирание и пологое восточное падение. Поперечными и диагональными сбросами и безрудными участками пласт разделяется на ряд месторождений. Промышленное оруденение приурочено к основаниям битуминозных известняков, залегающих трансгрессивно на закарстованной поверхности рифогенных массивных известняков. Возраст бокситоносного горизонта нижнеэйфельский. Источником бокситообразующих компонентов служила кора выветривания верхнесилурийских эффузивов, массивы которых расположены западнее.



Мал. 3.11. Узагальнена геологічна колонка девонських бокситових покладів Північного Уралу (по Г. Бушинському):

- 1, 2 - вапняки: 1-світло-сірі, масивні, 2-темно-сірі; 3 - мергелі з провєстками вапняків;  
4, 5 – боксити: 4-сірі, шаруваті, із морською фауною, 5-червоні;  
6,7 - уламки і галька вапняку в бокситі.

Рис. 3.11. Обобщенная геологическая колонка девонских бокситовых залежей Северного Урала (по Г.Бушинскому):

- 1, 2 – известняки: 1-светло-серые, массивные, 2-темно-серые; 3 – мергели с прослоями известняков;  
4, 5 – бокситы: 4-серые, слоистые, с морской фауной, 5-красные;  
6,7 – соответственно обломки и галька известняка в боксите.

За мінеральним складом виділяються діаспорові (червоні), яшмовидні (діаспобемітові) і боксити-колчедани, що містять значну кількість піриту. Промислово цінність представляють червоні боксити, що містять більше 50% глинозему, до 6% кремнезему і 20% окисного заліза.

*Платформні* родовища бокситів розташовані на окраїнах синекліз. Нагромадження бокситового матеріалу відбувалося в річкових, озерно-болотних і лагунних басейнах, внаслідок чого в рудоносній товщі переважають теригенні відкладення й вуглисті утворення. Характерними для цього класу є родовища півночі Російської платформи (Північно-Онезька і Південно-Тиманська групи, Тихвинське та ін.), південно-західної частини Сибірської платформи й Єнісейського кряжу. Родовища цього типу відомі в КНР, США і т.п.

Бокситові поклади Тихвинського родовища мають витягнуту, долиноподібну форму і відносяться до смуги нижньокам'яновугільних відкладень північно-західного крила Московської синеклізи. У основі бокситоносного горизонту залягають строкатобарвні глини девону. Продуктивний горизонт також перекривається строкатобарвними чи льодовиковими відкладеннями. Вихідним матеріалом формування бокситів служила кора вивітрювання строкатоцвітів девону. За мінеральним складом боксити відносяться до гібсит-каолинового типу і містять 36-49%  $Al_2O_3$  і 11-17%  $SiO_2$ .

#### *Небокситова алюмінієва сировина*

Родовища небокситових виглядів алюмінієвої сировини поділяються на п'ять генетичних груп (за Г. Кирпалем):

1. Магматична (найбільше цінні нефелінові-уртитові, апатит-нефелінові, синніритові; перспективні — анортози-

По мінеральному составу виділяються діаспорові (червоні), яшмовидні (діаспобемітові) і боксити-колчедани, що містять значне количество піриту. Промышленную ценность представляют красные бокситы, содержащие более 50% глинозема, до 6% кремнезема и 20% окисного железа.

*Платформенные* месторождения бокситов расположены на окраинах синеклиз. Накопление бокситового материала происходило в речных, озерно-болотных и лагунных бассейнах, вследствие чего в рудоносной толще преобладают терригенные отложения и углистые образования. Характерными для этого класса являются месторождения севера Русской платформы (Северо-Онежская и Южно-Тиманская группы, Тихвинское и др.), юго-западной части Сибирской платформы и Енисейского кряжа. Месторождения этого типа известны в КНР, США и др. страны.

Бокситовые залежи Тихвинского месторождения имеют вытянутую, долинообразную форму и приурочены к полосе нижнекаменноугольных отложений северо-западного крыла Московской синеклизы. В основании бокситоносного горизонта залегают пестроцветные глины девона. Продуктивный горизонт также перекрывается пестроцветными или ледниковыми отложениями. Исходным материалом формирования бокситов служила кора выветривания пестроцветов девона. По минеральному составу бокситы относятся к гиббсит-каолиновому типу и содержат 36-49%  $Al_2O_3$  и 11-17%  $SiO_2$ .

#### *Небокситовое алюминиевое сырье*

Месторождения небокситовых видов алюминиевого сырья делятся на пять генетических групп (по Г.Кирпалу):

1. Магматическую (наиболее ценные нефелиновые-уртитовые, апатит-нефели-

тові, лабрадоритові, лейцитові та інші високоглиноземні вивержені породи);

2. Гідротермальна (алунітові руди);

3. Екзогенна (каолінові глини, високоглиноземисті аргіліти, вуглисті і бітумінозні сланці та інші високоглиноземисті осадові породи);

4. Метаморфічна (високоглиноземисті сланці — кіанітові, андалузитові, сіліманітові, ставролітові та ін.; залізо-алюмінієві метаморфізовані руди);

5. Геотехногенну — відходи металургійних і гірничодобувних підприємств (хвости збагачення вугілля; золи вугілля теплоелектростанцій; червоні шлами, що утворюються при переробці бокситів; серицитвміщуючі хвости збагачення та інші відходи при переробці руд чорних, кольорових металів і хімічної промисловості).

Нефелінові руди — другий після бокситів за промисловим значенням вид алюмінієвої сировини. Родовища апатит-нефелінових руд, уртитів і нефелінових сієнітів, перспективні для використання в глиноземній промисловості, відомі в Україні (Приазов'я), у багатьох районах Росії (Кольський п-ов, Кузнецкий Алатау та ін.). Вимоги промисловості до якості нефелінових руд визначаються вмістом основних компонентів (у % мас.):  $Al_2O_3 > 22.5$ ;  $SiO_2 < 45$ ;  $Na_2O + K_2O > 9.5$ ;  $Fe_2O_3 < 7$ .

Унікальні родовища калій-глиноземних порід (синиритів) відомі на півночі Забайкалля. Комплексна переробка синиритів дозволяє одержувати глинозем, поташ, нітрат і метасилікат калію в умовах практично безвідхідного виробництва.

Алунітові руди формуються в областях молодого вулканізму внаслідок впливу вулканічних сірнистих газів і розчинів,

новые, синныритовые; перспективные — анортозитовые, лабрадоритовые, лейцитовые и другие высокоглиноземные изверженные породы);

2. Гидротермальную (алунитовые руды);

3. Экзогенную (каолиновые глины, высокоглиноземистые аргиллиты, углистые и битуминозные сланцы и другие высокоглиноземистые осадочные породы);

4. Метаморфическую (високоглиноземистые сланцы — кианитовые, андалузитовые, силлиманитовые, ставролитовые и др.; железо-алюминиевые метаморфизованные руды);

5. Геотехногенную — отходы металлургических и горнодобывающих предприятий (хвосты обогащения углей; зола углей теплоэлектростанций; красные шламы, образующиеся при переработке бокситов; серицитосодержащие хвосты обогащения и другие отходы при переработке руд черных, цветных металлов и химической промышленности).

Нефелиновые руды — второй после бокситов по промышленному значению вид алюминиевого сырья. Месторождения апатит-нефелиновых руд, уртитов и нефелиновых сиенитов, перспективные для использования в глиноземной промышленности, известны в Украине (Приазовье), во многих районах России (Кольский п-ов, Кузнецкий Алатау и др.). Требования промышленности к качеству нефелиновых руд определяются содержанием основных компонентов (в % мас.):  $Al_2O_3 > 22.5$ ;  $SiO_2 < 45$ ;  $Na_2O + K_2O > 9.5$ ;  $Fe_2O_3 < 7$ .

Уникальные месторождения калий-глиноземных пород (синныритов) известны на севере Забайкалья. Комплексная переработка синныритов позволяет получать глинозем, поташ, нитрат и метасиликат калия в условиях практически безотходного производства.

збагачених сірчаною кислотою, на вулканічні алюмосилікатні породи. Вони утворюють пласто- і чащоподібні поклади. Відомі в Закарпатті (Беганське), Закавказзя (Заглик), Казахстані, Середній Азії і Примор'ї. Руди, які не потрібно збагачувати, повинні містити більше 50% алуніту і менше 10% глинистих мінералів (у перерахунку на каолінит).

Найбільше запаси кіанітових сланців розвідані на Кольському півострові, де вони можуть розроблятися відкритим способом. Родовища сіліманітових сланців є в Україні, Карелії, на Уралі, у Казахстані та інших місцях. Кіанітові, сіліманітові й андалузитові концентрати повинні містити (у % мас.):  $Al_2O_3 > 54$ ;  $Fe_2O_3 < 1,2$   $TiO_2 + ZrO_2 < 2$ ;  $Ca < 0,8$ ;  $Na_2O + K_2O < 1,6$ .

Залізо-алюмінієві руди придатні для одержання чавуну, глинозему і цементу при вмісті заліза не менше 55-60% і відношенні  $Al_2O_3$  до  $SiO_2$  більше 2. Глини і каоліни придатні для переробки на глинозем при вмісті  $Al_2O_3$  більше 26-30%.

### 3.3.2 Мідь

Мідь почала застосовуватися людиною в далекій давнині і мала величезне значення в розвитку матеріальної культури суспільства. На даний час важко знайти галузь промисловості, де мідь не знаходила б застосування завдяки високій електропровідності, хімічній стійкості, пластичності та іншим цінним властивостям. Широко використовуються сплави міді: латунь (Cu-Zn), бронза (Cu-Sn), спеціальні бронзи (Cu-Sn-Pb-Be-Si-Al), мельхіор (Cu-Ni). За обсягом вироб-

Алуниевые руды формируются в областях молодого вулканизма в результате воздействия вулканических сернистых газов и растворов, обогащенных серной кислотой, на вмещающие вулканические алюмосиликатные породы. Они образуют пласто- и чашеобразные залежи. Известны в Закарпатье (Беганское), Закавказье (Заглик), Казахстане, Средней Азии и Приморье. Руды, которые не требуется обогащать, должны содержать более 50% алунита и менее 10% глинистых минералов (в перерасчете на каолинит).

Крупнейшие запасы кианитовых сланцев разведаны на Кольском п-ове, где они могут разрабатываться открытым способом. Месторождения силлиманитовых сланцев имеются в Украине, Карелии, на Урале, в Казахстане и других местах. Кианитовые, силлиманитовые и андалузитовые концентраты, должны содержать (в % мас.):  $Al_2O_3 > 54$ ;  $Fe_2O_3 < 1,2$   $TiO_2 + ZrO_2 < 2$ ;  $CaO < 0,8$ ;  $Na_2O + K_2O < 1,6$ .

Железо-алюминиевые руды пригодны для получения чугуна, глинозема и цемента при содержании железа не менее 55-60% и отношении  $Al_2O_3$  к  $SiO_2$  более 2. Глины и каолины пригодны для переработки на глинозем при содержании  $Al_2O_3$  более 26-30%.

### 3.3.2 Медь

Медь начала применяться человеком в глубокой древности и имела огромное значение в развитии материальной культуры общества. В настоящее время трудно найти отрасль промышленности, где медь не находила бы применения благодаря высокой электропроводности, химической устойчивости, пластичности и другим ценным свойствам. Широко используются сплавы меди: латунь (Cu-Zn), бронза (Cu-Sn), специальные бронзы (Cu-Sn-Pb-Be-Si-Al), мельхиор (Cu-Ni). По объёму производства

ництва і споживання мідь посідає третє місце у світі після заліза й алюмінію. Світовий видобуток міді в 2002 році склав 15,2млн.т, головна частина яких приходить на Чилі (4,4млн.т), США (1,45), Індонезію (0,8), Австралію (0,7) і Канаду (0,3). У 2002 - 2004рр планується зростання видобутку до 15,9млн.т. Ціни на мідь на світовому ринку в січні 2004 р. склали 2710 доларів за тонну.

У природі мідь досить поширена: середній вміст її в літосфері складає 0,01%. Відомо більше 200 мінералів, що містять мідь, з них найбільше важливими, рудоутворюючими що наведені в табл. 3.1.

Такі мінерали міді, як малахіт, азурит і хризокола використовуються переважно в якості виробних, дорогоцінних каменів, але вони також можуть входити до складу змішаних руд приповерхневих частин родовищ.

Мідь добувається як із власне мідних, так і з комплексних руд: переважно мідно-нікелевих, мідно-молибденових, мідно-цинкових. У мідних рудах вміст міді як правило встановлюється для невеликих родовищ 2-3%, для родовищ середніх розмірів – 1-1,5% і для великих і дуже великих при можливості відкритого способу відпрацювання з високим ступенем механізації 0,7-0,5%. Родовища міді з запасами більше 5млн.т відносяться до унікальних, великі родовища мають запаси 1-5млн.т, середні – 1-0,2 і дрібні – менше 0,2млн.т.

За мінеральним складом мідні руди розділяються на *сульфідні, оксидні і змішані*. Найбільше легко збагачуються руди сульфідні вкраплені, менше – суцільні сульфідні і змішані. Якість одержуваних концентратів визначається мінеральним складом руд, так, з халькозинових руд виходить концентрат, що містить більше

і потреблення медь займає третє місце в мире после железа и алюминия. Мировая добыча меди в 2002 году составила 15,2млн.т, главная часть которых приходится на Чили (4,4млн.т), США (1,45), Индонезию (0,8), Австралию (0,7) и Канаду (0,3). В 2002 и 2004гг намечается рост добычи до 15,9млн.т. Цены на медь на мировом рынке в январе 2004 года составили 2710 долларов за тонну.

В природе медь довольно распространена: среднее содержание ее в литосфере составляет 0,01%. Известно более 200 минералов, содержащих медь, из них наиболее важными, рудообразующими являются минералы, указанные в табл. 3.1.

Такие минералы меди, как малахит, азурит и хризокола используются преимущественно в качестве поделочных, драгоценных камней, но они также могут входят в состав смешанных руд приповерхностных частей месторождений.

Медь добывается как из собственно медных, так и из комплексных руд: преимущественно медно-никелевых, медно-молибденовых, медно-цинковых. В добываемых, медных рудах содержание меди обычно устанавливается для небольших месторождений 2-3%, для месторождений средних размеров – 1-1,5% и для крупных и весьма крупных при возможности открытого способа отработки с высокой степенью механизации 0,7-0,5%. Месторождения меди с запасами более 5млн.т относятся к уникальным, крупные месторождения имеют запасы 1-5млн.т, средние – 1-0,2 и мелкие – менее 0,2млн.т.

По минеральному составу медные руды разделяются на *сульфидные, оксидные и смешанные*. Наиболее легко обогащаются руды сульфидные вкрапленные, труднее – сплошные сульфидные и смешанные. Качество получаемых концентратов определяет

32%Cu (до 60%), з халькопіритових при рівних витратах праці і часу виходить концентрат із вмістом 20%Cu. У середньому витрати на видобуток і збагачення руд перевищує 50% всього виробництва чорної міді. Родовища міді формуються в різноманітних геологічних умовах і серед них є представники майже всіх генетичних груп. Часто генезис родовищ з'ясовується при тривалому його вивченні, іноді питання це залишається дискусійним.

В ендегенних умовах на значних глибинах мідь концентрується в основних і лужних магмах і в ході магматичної диференціації накопичується разом з нікелем та іншими металами, утворюючи формацію сульфідних мідно-нікелевих руд (Норильськ, Талнах у Росії, Садбері в Канаді та ін.).

Відомі рудопрояви і родовища міді в карбонатитах, наприклад, поки єдине у світі промислове родовище Полаборо в ПАР. Це комплексне родовище представляє собою трубоподібне тіло 0,7км у діаметрі, що прориває архейські граніти. Центральна частина тіла складена карбонатитами, крайова - олівін-магнетит-апатитовою породою. Мідне зруденіння у вигляді прожилків і вкрапленників борніту, халькопіриту та інших сульфідів відноситься до карбонатитів. Середній вміст у рудах міді 0,68% і заліза (магнетитового) до 22%. Рудне тіло простежене до глибини 900м без помітних змін у характері мінералізації. Запаси міді оцінюються в 1,5млн.т.

У зв'язку з кислими магматичними породами формуються різні постмагматичні родовища на різних рівнях глибин: контактово-метасоматичні (скарнові), гідротермальні, колчеданні. У морфологічному відношенні родовища міді підрозді-

ся мінеральним составом руд, так із халькозинових руд виходит концентрат, що містить більше 32%Cu (до 60%), із халькопіритових при рівних затратах праці і часу отримується концентрат з вмістом 20%Cu. В середньому витрати на видобуток і збагачення руд перевищує 50% всього виробництва чорної міді. Месторождения міді формуються в різноманітних геологічних умовах і серед них є представники майже всіх генетичних груп. Часто генезис родовищ з'ясовується при тривалому його вивченні, іноді питання це залишається дискусійним.

В ендегенних умовах на значних глибинах мідь концентрується в основних і щелочних магмах і в ході магматичної диференціації накопичується разом з нікелем та іншими металами, утворюючи формацію сульфідних мідно-нікелевих руд (Норильськ, Талнах в Росії, Садбері в Канаді та др.).

Відомі рудопрояви і родовища міді в карбонатитах, наприклад, поки єдине у світі промислове родовище Полаборо в ЮАР. Це комплексне родовище представляє собою трубоподібне тіло 0,7км в діаметрі, що прориває архейські граніти. Центральна частина тіла складена карбонатитами, крайова - олівін-магнетит-апатитовою породою. Мідне зруденіння у вигляді прожилків і вкрапленників борніту, халькопіриту та інших сульфідів відноситься до карбонатитів. Середній вміст у рудах міді 0,68% і заліза (магнетитового) до 22%. Рудне тіло простежене до глибини 900м без помітних змін у характері мінералізації. Запаси міді оцінюються в 1,5млн.т.

У зв'язку з кислими магматичними породами формуються різні постмагматичні родовища на різних рівнях глибин: контактово-метасоматичні (скарнові), гідротермальні, колчеданні. У морфологічному відношенні родовища міді підрозді-

ляються на прожилково-вкраплені, штокверкові (формації мідно-порфірових руд, часто мідно-молібденових), жильні і пластоподібні.

*Контактово-метасоматичні родовища* формуються у приконтактових зонах кислих інтрузій з карбонатними породами. Сульфідна мінералізація пов'язана з останніми стадіями скарноутворення, а промислові міднорудні тіла контролюються тріщинними структурами, що січуть зони скарнів. Головними рудними мінералами є: халькопірит, борніт, пірит. Вміст міді досягає 5% і більше. До найбільше важливих родовищ цієї групи відносяться Тур'їнське і Гумешевське на Уралі, Саяк у Казахстані, Клифтон, Моренсі і Бісбі в США, і т.п.

*Гідротермальні родовища мідно-порфірових руд* за обсягом запасів і продуктивністю є дуже важливими: на їхню частку приходиться близько 55% світових запасів. Висока промислова цінність цих родовищ визначається великими розмірами рудних тіл, їх близькоповерхневим заляганням і рівномірністю зруденіння. Усе це дає можливість вести роботи з розвідки й експлуатації цих родовищ з високою економічною ефективністю, незважаючи на низький вміст металу в рудах (0,4–1,2%Cu у первинних рудах і до 2%Cu у рудах зони вторинного збагачення). Крім міді з руд здобувають молібден, часте золото, селен, телур і реній. Більшість родовищ цієї групи відносяться до внутрішньої зони Тихоокеанського Рудного поясу (за С.С. Смирновим). Вздовж західної окраїни Американських континентів паралельно складчастим спорудженням Кордильєр і Анд сконцентровані великі мідно-порфірові родовища Сан-Мануель, Майами та ін. у США, Кананеа і Піларес-Міні в Мексиці, Чукика-

стмагматические месторождения на разных уровнях глубин: контактово-метасоматические (скарновыє), гидротермальные, колчеданные. В морфологическом отношении месторождения меди подразделяются на прожилково-вкрапленные, штокверковые, выделяемые в формацию медно-порфировых руд (часто медно-молібденовых), жильные и пластообразные.

*Контактово-метасоматические месторождения* формируются в приконтактовых зонах кислых интрузий с карбонатными породами. Сульфидная минерализация связана с последними стадиями скарнообразования, а промышленные меднорудные тела контролируются трещинными структурами, секущими зоны скарнов. Главными рудными минералами являются: халькопирит, борнит, пирит. Содержание меди достигает 5% и более. К наиболее важным месторождениям этой группы относятся Турьинские и Гумешевское на Урале, Саяк в Казахстане, Клифтон, Моренси и Бисби в США, и другие.

*Гидротермальные месторождения медно-порфіровых руд* по объёму запасов и продуктивности и продуктивности являются весьма важными: на их долю приходится около 55% мировых запасов. Высокая промышленная ценность этих месторождений определяется крупными размерами рудных тел, их близповерхностным залеганием и равномерностью оруденения. Всё это даёт возможность вести работы по разведке и эксплуатации этих месторождений с высокой экономической эффективностью, несмотря на низкие содержания металла в рудах (0,4–1,2%Cu в первичных рудах и до 2%Cu в рудах зоны вторичного обогащения). Помимо меди из руд извлекают молібден, часто золото, селен, теллур и реній. Большинство месторождений этой группы приурочены к внутренней зоне Тихоокеан-

мата і Ель-Тениенте в Чилі, а також родовища Філіппін і Малайзії. У межах інших районів до родовищ цієї групи відносяться Коунрад і Бошекуль у Казахстані, Каджаран, Агарак у Вірменії, Алмалик в Узбекистані.

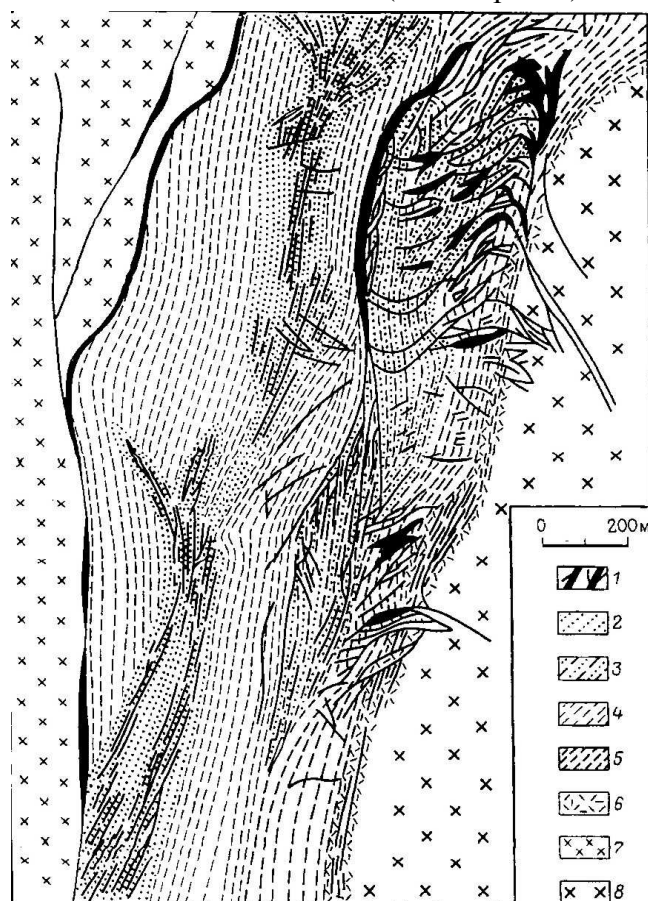
*Родовище Чукикамата* в Чилі, унікальне за масштабами. Після початку його експлуатації в 1915р. залишилися запаси, які оцінюються в 26млн.т міді і 120тис.т молібдену із вмістом цих металів 1,2% і 0,04%, відповідно. Рудний штокверк розміром 3x0,8км приурочений до олігоценного інтрузиву гранодіорит-порфірів, простеженому по простяганню на 14км при ширині до 2км. Зруденіння на глибину продовжується більше, ніж на 1300м, тому що скважини з руди не вийшли. Головні мінерали руд – пірит, халькопірит, енаргіт, другорядні – борніт, сфалерит, галеніт, молібденіт. Породи, що вміщують, інтенсивно серицитизовані, окварцьовані і хлоритизовані. Відзначається горизонтальна зональність із заходу на схід. Безпосередньо до Західного розламу, що відокремлює рудоносний штокверк від гранодіоритів еоцену, прилягає зона з багатими мідно-молібденовими рудами шириною 100-150м. Центральна зона містить мідні халькопірит-халькозинові руди, а Східна – поліметалеву мінералізацію, представлену халькопіритом, борнітом, галенітом і сфалеритом (мал.3.12). Первинні руди родовища до глибини 200м перетворені в зону окислених руд. Нижче до 700м розташована зона вторинного сульфідного збагачення із вмістом міді 1,5-2,0%. Родовище розробляється кар'єром із розмірами 4x1,1км і глибиною близько 460м, проектна глибина 850м. Щорічний видобуток міді складає 900тис.т (11% світовий).

ского Рудного пояса (по С.С.Смирнову). Вдоль западной окраины Американских континентов параллельно складчатым сооружениям Кордильер и Анд сконцентрированы крупные медно-порфировые месторождения Сан-Мануэль, Майами и др. в США, Кананеа и Пиларес-Мина в Мексике, Чукикамата и Эль-Тениенте в Чили, а также месторождения Филиппин и Малайзии. В пределах других районов к месторождениям этой группы относятся Коунрад и Бошекуль в Казахстане, Каджаран, Агарак в Армении, Алмалик в Узбекистане.

*Месторождение Чукикамата* в Чили, уникально по масштабам. После начала его эксплуатации в 1915г, оставшиеся запасы оцениваются в 26млн.т меди и 120тыс.т молибдена с содержаниями этих металлов 1,2% и 0,04%, соответственно. Рудный штокверк размером 3x0,8км приурочен к олигоценному интрузиву гранодиорит-порфиров, прослеженному по простиранию на 14км при ширине до 2км. Оруденение на глубину продолжается более, чем на 1300м, т.к. скважины из руды не вышли. Главные минералы руд – пирит, халькопирит, энаргит, второстепенные – борнит, сфалерит, галенит, молибденит. Вмещающие породы интенсивно серицитизированы, окварцованы и хлоритизированы. Отмечается горизонтальная зональность с запада на восток. Непосредственно к Западному разлому, отделяющему рудоносный штокверк от гранодиоритов эоцена, примыкает зона с богатыми медно-молибденовыми рудами шириной 100-150м. Центральная зона содержит медные халькопирит-халькозиновые руды, а Восточная – полиметаллическую минерализацию, представленную халькопиритом, борнитом, галенитом и сфалеритом (рис.3.12). Первичные руды месторождения до глубины 200м превращены в зону окисленных руд. Ниже до



700м расположена зона вторичного сульфидного обогащения с содержанием меди 1,5-2,0%. Месторождение разрабатывается карьером с размерами 4x1,1км и глубиной около 460м, проектная глубина 850м. Ежегодная добыча меди составляет 900тыс.т (11% мировой).



Мал. 3.12. Схема геологічної будови мідно-порфірового родовища Чукикамата (по В. Лопецу і В.Перра): 1 - рудні жили і прожилки (штокверкова зона); 2-6 - змінені палеогенові монцонітові порфіри: 2-окварцьовані, 3-серицитизовані і слабоокварцьовані, 4-інтенсивно серицитизовані, 5-альбітизовані і серицитизовані, 6-хлоритизовані й альбітизовані; 7, 8 - гранодіорити: 7-палеогенові (Форчуна), 8-юрські (Олена).

Рис. 3.12. Схема геологического строения медно-порфирового месторождения Чукикамата (по В.Лопецу и В.Перри): 1 – рудные жилы и прожилки (штокверковая зона); 2-6 – измененные палеогеновые монцонитовые порфиры: 2-окварцованные, 3-серицитизированные и слабоокварцованные, 4-интенсивно серицитизированные, 5-альбитизированные и серицитизированные, 6-хлоритизированные и альбитизированные; 7, 8 – гранодиориты: 7-палеогеновые (Форчуна), 8-юрские (Елена).

Жильні кварц-сульфідні родовища міді поширені досить широко, однак великі промислові представники цього типу зустрічаються відносно рідко (Кафанське у Вірменії, Чатиркуль і Жансай у Казахстані та ін.).

Дуже великим, добре відомим утворенням цього промислово-генетичного

Жильные кварц-сульфидные месторождения меди распространены довольно широко, однако крупные промышленные представители этого типа встречаются относительно редко (Кафанское в Армении, Чатиркуль и Жансай в Казахстане и др.).

Весьма крупным, хорошо известным образованием этого промышленно-гене-

типу є родовище Б'ютт у штаті Монтана, США. Зруденіння контролюється системами тріщин, що сполучаються, у молодому ларамійському батоліті Боулдер кварц-монцонітового складу. Жили, що сформувалися при заповненні тріщин, утворюють три основні системи. Широ́тні, що розщеплюються з утворенням структур «кінського хвоста», найбільше багаті тіла з мідно-миш'яковими, халькозиновими, борнітовими рудами. Жили досягають потужності 30м і просліджуються до 2-3км по простяганню. Ці жили зміщаються (багатими ковелином) «синіми» жилами північно-західного простягання. Обидві ці системи перетинаються із зсувом найбільше молодими слабо мінералізованими жилами північно-східного напрямі. На родовищі добре виражена горизонтальна зональність: центральна зона переважно мідно-миш'якових руд, друга – «проміжна» зона сфалерит-галенітові руди із сріблом і родохрозитом і периферійною частиною рудного поля з цинково-срібними рудами і родохрозитом. Вміст міді складає 4-5% і 60-90г/т срібла.

Дуже своєрідними є родовища самородної міді в ефузивах чи субвулканічних утвореннях. Кількість відомих промислових об'єктів даного типу невелика. Найбільше значні родовища розташовані біля озера Верхнє (США). Район складений товщею покривів основних лав, що чергуються, піщаників і конгломератів протерозою. Вздовж великого розривного порушення породи мінералізовані з утворенням промислово цінних скупчень міді. У морфологічному відношенні найбільше цікавим є вкраплене зруденіння в пористих лавах, представлене самородною міддю, цеолітами, карбонатами (вміст міді в середньому 1%), і подібного

тического типа является месторождение Бьютт в штате Монтана, США. Оруденение контролируется сочетаящимися системами трещин в молодом ларамийском батолите Боулдер кварц-монцонитового состава. Сформировавшиеся при заполнении трещин жилы образуют три основных системы. Широ́тные, расщепляющиеся с образованием структур «конского хвоста», наиболее богатые тела с медно-мышьяковыми, халькозиновыми, борнитовыми рудами. Жилы достигают мощности 30м и прослеживаются до 2-3км по простиранию. Эти жилы смещаются (богатыми ковеллином) «синими» жилами северо-западного простирания. Обе эти системы пересекаются со смещением наиболее молодыми слабо минерализованными жилами северо-восточного направления. На месторождении хорошо выражена горизонтальная зональность: центральная зона преимущественно медно-мышьяковых руд, вторая – «промежуточная» зона сфалерит-галенитовые руды с серебром и родохрозитом и периферическая часть рудного поля с цинково-серебряными рудами и родохрозитом. Содержание меди составляет 4-5% и 60-90г/т серебра.

Весьма своеобразными являются месторождения самородной меди в эффузивах или субвулканических образованиях. Число известных промышленных объектов данного типа невелико. Наиболее значительные месторождения расположены у озера Верхнее (США). Район сложен толщей чередующихся покровов основных лав, песчаников и конгломератов протерозоя. Вдоль крупного разрывного нарушения породы минерализованы с образованием промышленно ценных скоплений меди. В морфологическом отношении наиболее интересно вкрапленное оруденение в пористых лавах, представленное самородной медью, цеоли-

характеру в конгломератах, де самородна мідь заміщує цемент чи заповнює порожнечі (вміст міді 2-4%). Меншею інтерес представляють тріщинні жили, заповнені кальцитом і самородною міддю.

У північно-західній частині України на Волині виявлені подібні родовища самородної міді у зв'язку з протерозойськими (венд) базальтами і лавобрекчиями. На глибинах від 150 до 500 метрів виявлені 6 рудних горизонтів потужністю до 10-19 метрів. У кожному з них розміщуються рудні «шари» потужністю до 4-4,5 м із вмістом міді від 0,5 до 4,5% (місцями до 25%). Головний рудний мінерал – самородна мідь (90%), що утворює різні вкраплення, прожилки, дендрити і зрідка самородки до 1 кг. Зустрічається також у рудах халькозин (10%). Самородна мідь Волині містить як домішки благородні метали. Родовища характеризуються великими ресурсами (близько 25 млн т міді), а також наявністю Au (до 4 г/т), Pt(1,6), Pd (14).

Невеликі утворення самородної міді відомі також у палеогенових ефузивах в Азербайджані, у девонських вулканогенних товщах Казахстану і Гірської Шорії, а також на острові Нова Земля й в інших місцях.

*Колчеданні* родовища представляють собою скупчення сульфідів заліза, міді, цинку і частково свинцю серед ефузивних чи вулканогенно-осадових порід ранньої стадії евгеосинклінального розвитку регіону. Мінеральний склад цих утворень у різних частинах землі досить одноманітний, відзначаються розходження скоріше кількісні, які однак істотно впливають на оцінку руд. Руди, що складаються майже винятково з піриту і марказиту, розглядаються як сірчаноколчеданні, використовуються в хімічній

тами, карбонатами (содержание меди в среднем 1%), и подобного характера в конгломератах, где самородная медь замещает цемент или выполняет пустоты (содержание меди 2-4%). Меньший интерес представляют трещинные жилы, выполненные кальцитом и самородной медью.

В северо-западной части Украины на Волини выявлены сходные месторождения самородной меди в связи с протерозойскими (венд) базальтами и лавобрекчиями. На глубинах от 150 до 500 метров выявлены 6 рудных горизонтов мощностью до 10-19 метров. В каждом из них размещаются рудные «пласты» мощностью до 4-4,5 м с содержанием меди от 0,5 до 4,5% (местами до 25%). Главный рудный минерал – самородная медь (90%), образующая различные вкрапления, прожилки, дендриты и изредка самородки до 1 кг. Встречается также в рудах халькозин (10%). Самородная медь Волини содержит в качестве примесей благородные металлы. Месторождения характеризуются крупными ресурсами (около 25 млн т меди), а также наличием Au (до 4 г/т), Pt(1,6), Pd (14).

Небольшие образования самородной меди известны также в палеогеновых эффузивах в Азербайджане, в девонских вулканогенных толщах Казахстана и Горной Шории, а также на острове Новая Земля и в других местах.

*Колчеданные* месторождения представляют собой скопления сульфидов железа, меди, цинка и частично свинца среди эффузивных или вулканогенно-осадочных пород ранней стадии эвгеосинклинального развития региона. Минеральный состав этих образований в разных частях земли достаточно однообразен, отмечаются различия скорее количественные, однако существенно влияющие на оценку руд. Руды, состоящие почти исключительно из пирита

промисловості. При значному вмісті мінералів міді (халькопірит, борніт, бляклі руди) вони служать джерелом саме цього металу. У ряді родовищ істотну роль у складі руд відіграють сфалерит і галеніт, і оцінка їх здійснюється за одним із цих металів чи з комплексу, як поліметалевих. Таким чином, варто розрізняти: сірчаноколчеданні, мідноколчеданні і колчеданно-поліметалеві родовища.

Колчеданні родовища формуються в початкову стадію евгеосинклінального розвитку у зв'язку з базальтоїдним вулканізмом. Головна маса колчеданів відкладалася наприкінці кожного вулканічного циклу, у період завершення виливу найбільше кислих лав і поствулканічної газо-гідротермальної діяльності.

Колчеданні родовища різного віку – від архею до кайнозою – дуже поширені і мають велике промислове значення, тому що в них зосереджено 8,5% світових запасів міді. До них відносяться родовища Уральського мідноколчеданного поясу, у тому числі Гайське та інші, родовища Казахстану, Кавказу (Уруп) і Закавказзя (Філіз-Чай), Туреччини (Ергані-Маден), Болгарії (Панагюриште), Іспанії (Ріо-Тінто та ін.), а також родовища Норвегії, Канади, Японії, Австралії.

Характерними представниками різних морфологічних типів можуть служити родовища: Уруп на Північному Кавказі і Червоногвардійське на Уралі.

*Родовище Уруп* розташоване в північно-західній частині Передового хребта Північного Кавказу. У геологічній будові родовища бере участь товща осадововулканогенних середньопалеозойських порід. Головне рудне тіло має пластову форму, залягає в основі горизонту вулканогенних туфів середнього складу. По простяганню і падінню поклад розбитий

и марказита рассматриваются как серноколчеданные, используемые в химической промышленности. При значительном содержании минералов меди (халькопирит, борнит, блеклые руды) они служат источником именно этого металла. В ряде месторождений существенную роль в составе руд играют сфалерит и галенит и оценка их производится по одному из этих металлов или по комплексу, как полиметаллических. Таким образом, следует различать: серноколчеданные, мідноколчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения.

Колчеданные месторождения формируются в начальную стадию эвгеосинклинального развития в связи с базальтоидным вулканизмом. Главная масса колчеданов отлагалась в конце каждого вулканического цикла, в период завершения излияния наиболее кислых лав и поствулканической газо-гидротермальной деятельности.

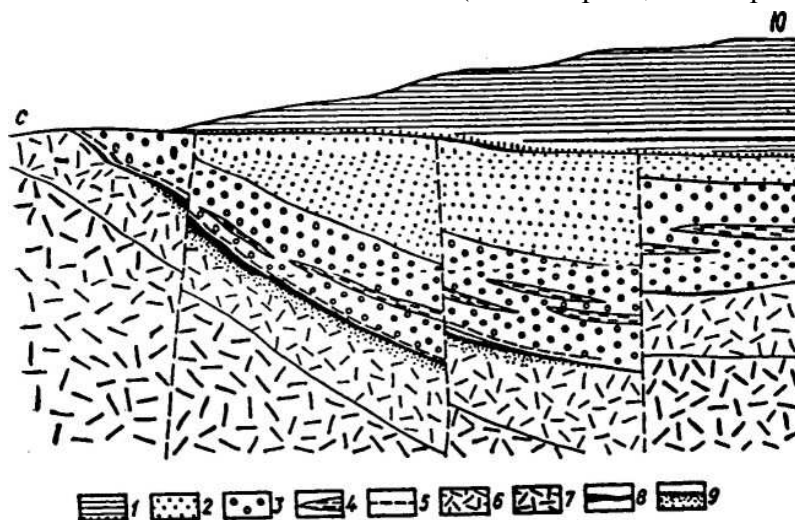
Колчеданные месторождения различного возраста – от архея до кайнозою – широко распространены и имеют большое промышленное значение, так как в них сосредоточено 8,5% мировых запасов меди. К ним относятся месторождения Уральского мідноколчеданного пояса, в том числе Гайское и другие, месторождения Казахстана, Кавказа (Уруп) и Азербайджан (Филиз-Чай), Турции (Эргани-Маден), Болгарии (Панагюриште), Испании (Рио-Тинто и другие), а также месторождения Норвегии, Канады, Японии, Австралии.

Характерными представителями различных морфологических типов могут служить месторождения: Уруп на Северном Кавказе и Красногвардейское на Урале.

*Месторождение Уруп* расположено в северо-западной части Передового хребта Северного Кавказа. В сложении месторождения участвует толща осадочно-вул-

на блоки дрібними післярудними розривами (мал.3.13). Руда складена піритом, халькопіритом, борнітом і сфалеритом з домішкою гематиту, магнетиту, тенантиту, піротину і халькозину. Найбільше розповсюджені нерудні мінерали: серицит, хлорит, кальцит і кварц. У поперечному розрізі рудного покладу спостерігається чітка зональність: лежачий бік складений суцільними сірчаноколчеданними рудами, що нижче переходять у вкраплені, середня частину – суцільними мідно-цинковими (пірит-халькопірит-сфалеритовими) і верхня – суцільними мідними (пірит-халькопіритовими й у покрівлі пірит-халькопірит-борнітовими). Рудне тіло розглядається як наслідок відкладення сульфідної речовини з поствулканічних розчинів, що фільтрувалися крізь кварцові альбітофіри на дні девонського моря (В.І.Смирнов, Н.С.Скрипченко).

каногенных среднепалеозойских пород. Главное рудное тело имеет пластовую форму, залегает в основании горизонта вулканогенных туфов среднего состава. По простиранию и падению залежь разбита на блоки мелкими послерудными разрывами (рис.3.13). Руда сложена пиритом, халькопиритом, борнитом и сфалеритом с примесью гематита, магнетита, теннантита, пирротина и халькозина. Наиболее распространенные нерудные минералы: серицит, хлорит, кальцит и кварц. В поперечном разрезе рудной залежи наблюдается четкая зональность: лежачий бок сложен сплошными серноколчеданными рудами, ниже переходящими во вкрапленные, средняя часть – сплошными медно-цинковыми (пирит-халькопирит-сфалеритовыми) и верхняя – сплошными медными (пирит-халькопиритовыми и в кровле пирит-халькопирит-борнитовыми). Рудное тело рассматривается как следствие отложения сульфидного вещества из поствулканических растворов, фильтровавшихся сквозь кварцевые альбитофиры на дно девонского моря (В.И.Смирнов, Н.С.Скрипченко).



Мал. 3.13. Геологічний розріз родовища Уруп (по Н.С. Скрипченко):

1 - пісковики і сланці нижньої юри; 2 - кислі туфи; 3 - туфи середнього складу; 4 - філіти; 5 - кремністі сланці; 6 - кварц-альбітофіри; 7 - діабазы і діабазові порфірити; 8 - поклади масивних колчеданних руд; 9 - рудна мінералізація.

Рис. 3.13. Геологический разрез месторождения Уруп (по Н.С.Скрипченко):

1 – песчаники и сланцы нижней юры; 2 – кислые туфы; 3 – туфы среднего состава; 4 – филлиты; 5 – кремнистые сланцы; 6 – кварц-альбитофиры; 7 – диабазы и диабазовые порфириты; 8 – залежи массивных колчеданных руд; 9 – рудная минерализация.

*Червоногвардійське* родовище знаходиться на півночі Середнього Уралу, розташоване в смузі так званих зеленокам'яних порід (розсланцьовані діабазы, діабазові порфірити, альбітофіри, туфи, сланці). Рудний поклад вертикальної форми має складну лінзоподібну будову і залягає серед кварц-серицитових сланців поблизу контакту їх з порфіритами. Головні рудні мінерали: пірит, халькопірит, у меншій мірі борніт, кварц, серицит і барит. Виділяються сорти руд: мідисті (пірит-халькопіритові) і сірчанокочеданні (піритові). На деяких інших уральських родовищах (Гайське та ін.), крім того, промислового значення набувають мідно-цинкові (пірит-халькопірит-сфалеритові) руди, що містять цілий ряд рідкісних і розсіяних елементів (германій, галій, селен, телур та ін.). Первинні руди суцільні, місцями в них відзначається розсланцьованість. У будові рудного тіла спостерігається аналогічна Урупському зональність, виражена, однак, нечітко. Вторинна гіпергенна вертикальна зональність чітко проявилася в зміні окислених руд рудами вториннозбагаченими і первинними. Розробка руд ускладнювалася виникненням підземних пожеж, попередження яких вимагає спеціальних заходів.

*Стратиформні родовища.* У запасах і видобутку мідних руд важливе значення мають родовища, що відносяться до товщ слабо метаморфізованих теригенних порід. Щодо генезису цих родовищ висловлюються протилежні думки. Одні дослідники вважають гідротермальними низькосередньотемпературними і пов'язують їх утворення з проявом глибинного магматизму і тектонічного процесу (К.І. Сатпаєв, Ф.І. Вольфсон та ін.). Інші розглядають їх як сингенетичні з вміщуючими

*Красногвардейське* месторождение находится на севере Среднего Урала, расположено в полосе так называемых зеленокаменных пород (рассланцованные диабазы, диабазовые порфириты, альбитофирры, туфы, сланцы). Рудная залежь вертикальной формы имеет сложное линзовидное строение и залегает среди кварц-серицитовых сланцев вблизи контакта их с порфиритами. Главные рудные минералы: пирит, халькопирит, в меньшей степени борнит, кварц, серицит и барит. Выделяются сорта руд: медистые (пирит-халькопиритовые) и сернокочеданные (пиритовые). На некоторых других уральских месторождениях (Гайское и др.), кроме того, промышленное значение приобретают медно-цинковые (пирит-халькопирит-сфалеритовые) руды, содержащие целый ряд редких и рассеянных элементов (германий, галлий, селен, теллур и др.). Первичные руды сплошные, местами в них отмечается рассланцованность. В строении рудного тела наблюдается аналогичная Урупскому зональность, выраженная, однако, нечетко. Вторичная гипергенная вертикальная зональность отчетливо проявилась в смене окисленных руд рудами вторичнообогаченными и первичными. Разработка руд осложнялась возникновением подземных пожаров, предупреждение которых требует специальных мер.

*Стратиформные месторождения.* В запасах и добыче медных руд важное значение имеют месторождения, приуроченные к толщам слабо метаморфизованных теригенных пород. Относительно генезиса этих месторождений высказываются противоположные мнения. Одни исследователи считают гидротермальными низкосреднетемпературными и связывают их образования с проявлением глубинного магматизма и тектонического процесса (К.И. Сатпаев, Ф.И. Вольфсон и др.). Другие

породами (осадковими), допускаючи наступне переміщення речовин під впливом підігрітих вод при літогенезі і метаморфізмі (Н.М.Страхов, В.С. Домарев, О. Ельснер, П. Рутъє та ін.). Оскільки питання залишається дискусійним ці родовища прийнято виділяти в самостійну групу стратиформних. Характерними рисами стратиформних родовищ є: великі розміри, проста пластова форма рудних тіл, їхня значна довжина і згодне, як правило, положисте залягання, гарна якість руд і відносно рівномірний розподіл металів. У розрізі іноді спостерігається багатопверхнева будова родовищ.

У геологічній історії розглянуті родовища займають визначене положення. Рудоносні товщі формуються наприкінці складчастих етапів розвитку регіонів і представляють собою нижні члени платформного чохла. Представниками даної групи родовищ є: Джекказган (Казахстан), Удокан (Східний Сибір), родовища Мідного поясу Замбії і Заїру (Нчанга, Камбове, Камото та ін.), а також Легниці-Глухівське рудне поле в Польщі, родовище Айнак в Афганістані та ін.

*Джекказганська* група родовищ розташована в південно-західній частині Центрального Казахстану в північній частині положистої синклінали, де відбувалося нагромадження пухких опадів карбону. Рудоносна товща складається з ритмічно чергуються пластів сіроколірних і червоноколірних пісковиків, алевролітів і конгломератів. У межах рудного поля породи утворюють антикліналі сундучного типу (мал. 3.14). Руди Джекказганського родовища локалізуються в сіроколірних породах. Рудні тіла мають пластоподібні і лінзоподібні форми. У розрізі й у плані виділяються групи зближених рудних тіл, умовно поєднаних у поклади.

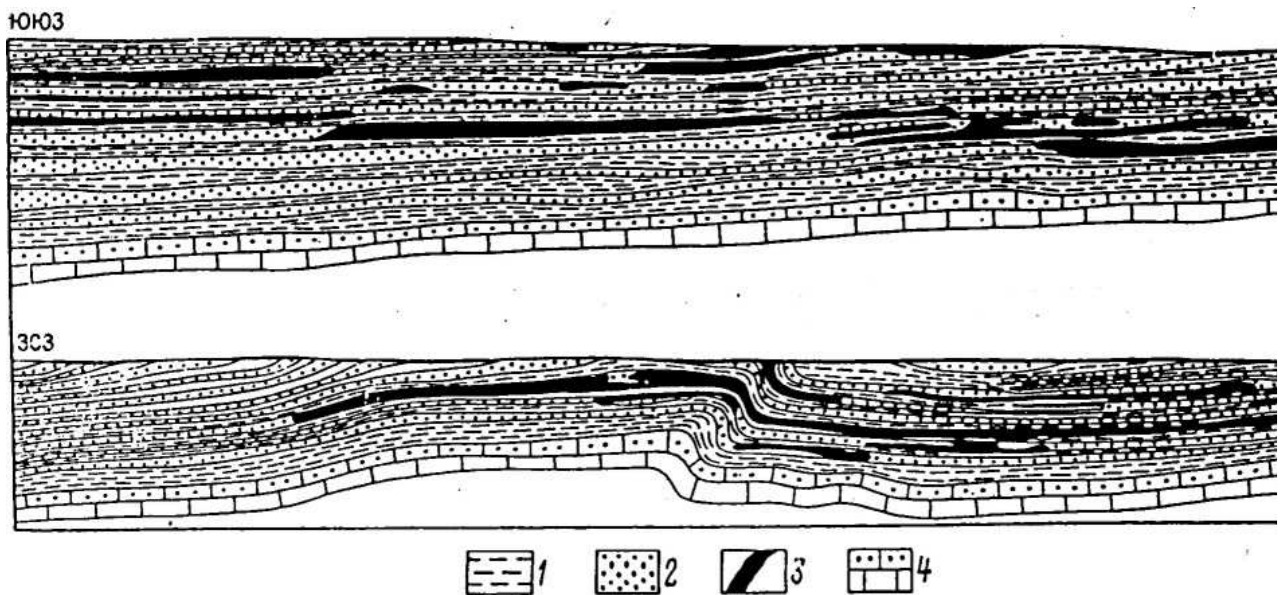
рассматривают их как сингенетичные с вмещающими породами (осадочными), допуская последующее перемещение веществ под влиянием подогретых вод при литогенезе и метаморфизме (Н.М.Страхов, В.С.Домарев, О.Эльснер, П.Рутъє и др.). Поскольку вопрос остается дискуссионным эти месторождения принято выделять в самостоятельную группу стратиформных. Характерными чертами стратиформных месторождений являются: крупные размеры, простая пластовая форма рудных тел, их значительная протяженность и согласное обычно пологое залегание, хорошее качество руд и относительно равномерное распределение металлов. В разрезе иногда наблюдается многоэтажное строение месторождений.

В геологической истории рассматриваемые месторождения занимают определенное положение. Рудоносные толщи формируются в конце складчатых этапов развития регионов и представляют собой нижние члены платформенного чехла. Представителями данной группы месторождений являются: Джекказган (Казахстан), Удокан (Восточная Сибирь), месторождения Медного пояса Замбии и Заира (Нчанга, Камбове, Камото и др.), а также Легниці-Глухівское рудное поле в Польше, месторождение Айнак в Афганистане и др.

*Джекказганская* группа месторождений расположена в юго-западной части Центрального Казахстана в северной части пологой синклінали, где происходило накопление рыхлых осадков карбона. Рудоносная толща состоит из ритмично чередующихся пластов сероцветных и красноцветных песчаников, алевролитов и конгломератов. В пределах рудного поля породы образуют антиклінали сундучного типа (рис. 3.14). Руди Джекказганского месторождения локалізуются в сероцветных породах. Рудные

Кожен поклад включає від 2 до 30 рудних тіл, розділених безрудними ділянками. Співвідношення їхніх розмірів в оконтурюючих покладах визначаються умовами відпрацювання і техніко-економічним розрахунком. Найбільше великі поклади просліджуються на 1,5-2км по простяганню, 800м по падінню при потужності 3-4м у роздувах до 30м. Головними рудними мінералами є: халькопірит, борніт, халькозин, крім того в значних кількостях присутні сфалерит, галеніт і срібло. По складу руд виділяються мідні, комплексні, цинкові і свинцеві, а також деякі проміжні різниці. Обробляються руди як комплексні.

тела имеют пластообразные и линзообразные формы. В разрезе и в плане выделяются группы сближенных рудных тел, условно объединяемых в залежи. Каждая залежь включает от 2 до 30 рудных тел, разделенных безрудными участками. Соотношение их размеров в оконтуриваемых залежах определяются условиями отработки и технико-экономическим расчетом. Наиболее крупные залежи прослеживаются на 1,5-2км по простиранию, 800м по падению при мощности 3-4м в раздувах до 30м. Главными рудными минералами являются: халькопирит, борнит, халькозин, кроме того в значительных количествах присутствуют сфалерит, галенит и серебро. По составу руд выделяются медные, комплексные, цинковые и свинцовые, а также некоторые промежуточные разности. Отрабатываются руды как комплексные.



Мал. 3.14. Схематичні геологічні розрізи родовища Джекказган (за матеріалами Джекказганської ГРЕ):

1-3 - джекказганська світа середньо-пізньокам'яновугільного віку: 1-червонобарвні пісковики й алевроліти, 2-рудоносні прошарки сіробарвні пісковиків, алевролітів і конгломератів, 3-рудні поклади; 4 - вапняки, пісковики, мергелі ранньокам'яновугільного віку.

Рис. 3.14. Схематические геологические разрезы месторождения Джекказган (по материалам Джекказганской ГРЭ):

1-3 – джекказганская свита средне-позднекаменноугольного возраста: 1-красноцветные песчаники и алевролиты, 2-рудоносные слои сероцветных песчаников, алевролитов и конгломератов, 3-рудные залежи; 4 – известняки, песчаники, мергели раннекаменноугольного возраста.



*Екзогенні* (седиментаційні) родовища міді по морфологічній характеристиці близькі до тільки що розглянутих стратиформних, але локалізуються вони в тонкозернистих різновидах порід, утворюючи формацію мідистих сланців. При детальному вивченні будови цих родовищ установлюється краща приуроченість зруденіння до прошарків вапняку, вапняно-глинистим чи багатим органічним матеріалом відкладенням. Передбачається, що нагромадження міді відбувається у відновному середовищі у водоймах, куди зносяться уламки мідноносних порід чи утворюються при їхньому руйнуванні концентровані розчини. Цілком імовірно, що в останньому випадку розчини надходять у водойму не у вигляді поверхневого стоку, а шляхом інфільтрації з ґрунтовими підземними водами. Відбувається псевдогідротермальний процес. Крім міді в родовищах такого типу, часто приурочених до червоноколірних відкладень, присутні Pb, Zn, Co, V, U. Такого роду мідноносні червоноцвіті нижньопермського віку розвинуті в центрі Східної Європи, утворили сфалерит-халькопирит-колчеданний рудний пояс, що простягається через Нижнесілезько-Богемський басейн (Польща і Чехія). Тут відомий ряд дрібних родовищ багатих руд. Аналогічний характер мідних рудопроявів відомий в області Передуральського прогину в червоноколірних відкладеннях казанського яруса пермі. Смуга виходів червоноцвітів шириною близько 100км простягається вздовж західного схилу Уралу. Рудопрояви без видимої закономірності розміщуються у всій товщі порід. Рудні тіла характеризуються невеликими і складними формами і, незважаючи на високий вміст металу в рудах, серйозного промислового зна-

*Екзогенные* (седиментационные) месторождения меди по морфологической характеристике близки к только что рассмотренным стратиформным, но локализируются они в тонкозернистых разностях пород, образуя формацию медистых сланцев. При детальном изучении строения этих месторождений устанавливается предпочтительная приуроченность оруденения к прослойкам известняка, известково-глинистым или богатым органическим материалом отложениям. Предполагается, что накопление меди происходит в восстановительной среде в водоемах, куда сносятся обломки меденосных пород или образующиеся при их разрушении концентрированные растворы. Вполне вероятно, что в последнем случае растворы поступают в водоем не в виде поверхностного стока, а путем инфильтрации с ґрунтовыми подземными водами. Происходит псевдогидротермальный процесс. Кроме меди в месторождениях такого типа, часто приуроченных к красноцветным отложениям, присутствуют Pb, Zn, Co, V, U. Такого рода меденосные красноцветы нижнепермского возраста развиты в центре Восточной Европы, образуя сфалерит-халькопирит-колчеданный рудный пояс, протягивающийся через Нижнесілезько-Богемський басейн (Польща і Чехія). Здесь известен ряд мелких месторождений богатых руд. Аналогичный характер медных рудопроявлений известен в области Предуральского прогиба в красноцветных отложениях казанского яруса перми. Полоса выходов красноцветов шириной около 100км протягивается вдоль западного склона Урала. Рудопроявления без видимой закономірности размещаются во всей толще пород. Рудные тела характеризуются небольшими и сложными формами и, несмотря на высокое содержание металла в рудах, серйозного промышленного значения не имеют.

чення не мають.

Численні родовища міді в червоноцвітах відомі в західних районах США (Юта, Колорадо, Аризона, Нью-Мексика), де інфільтраційні розсіяні рудні тіла розміщені у величезній товщі червоноцвітів віку від верхнього карбону до юри на різних рівнях. У районі плато Колорадо ці родовища служать джерелом урану. Родовищами даного типу є мідисті сланці Мансфельдської мульди (Німеччина) із вмістом 2,5% міді і супутними Ag, Mo, V, Au, Pt, Se, Rh. Подібні рудопрояви міді просліджуються відповідно до поширення цехштейнового моря від північної Англії через Німеччину аж до Польщі, де в Нижній Сілезії зруденіння концентрується в мергелі (мідистий мергель).

У північно-західній частині Донбасу серед відкладень нижньої перми (світа мідистих піщаників) зустрінуті рудопрояви і родовища міді двох типів – мансфельдського і джезказганського. Мідні руди в Донбасі були виявлені в 1862р. в покинутих кар'єрах і слідам металургійної обробки руд у бронзовому столітті. З 1872р. по 1890р. був організований видобуток руд і виплавка міді в с. Клиновському, припинена через нерентабельність. У смугі піщано-глинистих відкладень світи, що облямовує з південно-сходу Бахмутську улоговину виявлено більше 50 рудопроявів і невеликих родовищ міді. Її вміст у рудах досягає 1,5-3,0% і більше, а загальні запаси складають близько 2млн.т. Рудні мінерали представлені халькозином, борнітом, халькопіритом, піритом, марказитом, галенітом, сфалеритом і гринотітом. Куприт, малахіт і азурит розвинуті до глибини 30 м у зоні окислювання.

*Метаморфогенні родовища міді.* На древніх докембрійських щитах зустріча-

Многочисленные месторождения меди в красноцветах известны в западных районах США (Юта, Колорадо, Аризона, Нью-Мексика), где инфильтрационные рассеянные рудные тела размещены в огромной толще красноцветов возраста от верхнего карбона до юры на разных уровнях. В районе плато Колорадо эти месторождения служат источником урана. Месторождениями данного типа являются медистые сланцы Мансфельдской мульды (ФРГ) с содержанием 2,5% меди и сопутствующими Ag, Mo, V, Au, Pt, Se, Rh. Сходные рудопроявления меди прослеживаются в соответствии с распространением цехштейнового моря от северной Англии через Германию вплоть до Польши, где в Нижней Силезии оруденение концентрируется в мергеле (медистый мергель).

В северо-западной части Донбасса среди отложений нижней перми (світа медистых песчаников) встречены рудопроявления и месторождения меди двух типов – мансфельдского и джезказганского. Медные руды в Донбассе были обнаружены в 1862г по заброшенным карьерам и следам металлургической обработки руд в бронзовом веке. С 1872г по 1890г была организована добыча руд и выплавка меди у с.Клиновского, прекращена из-за нерентабельности. В полосе песчано-глинистых отложений світы, окаймляющей с юго-востока Бахмутскую котловину обнаружено более 50 рудопроявлений и небольших месторождений меди. Ее содержание в рудах достигает 1,5-3,0% и более, а общие запасы составляют около 2млн.т. Рудные минералы представлены халькозином, борнитом, халькопиритом, пири́том, марказитом, галенитом, сфалеритом и гринокитом. Куприт, малахит и азурит развиты до глубины 30 м в зоне окисления.

*Метаморфогенные месторождения ме-*

ються численні мідні родовища, що мають сильний метаморфізм і тому їхнє первинне походження важко розпізнати. До цих утворень належать *сульфідні скарнові родовища* Скандинавії. Вони пов'язані з архейськими породами, що склалися первинно з кислих чи середніх лав і туфів з прошарками вапняків і доломітів. Сульфідні родовища (пірит, халькопірит, піротин, сфалерит, галеніт) часто зустрічаються разом з метаморфічними окисними родовищами заліза (магнетит, гематит) типу Кируна. У зв'язку з цим можна припустити, що розглянуті сульфідні родовища відносяться до первинно вулканогенно-осадочних чи субвулканогенно-гідротермально-осадочних утворень типу Ріо-Тінто чи інших колчеданних. Великі родовища даного типу - Фалун, Сала, Болиден (Швеція), Рьорос, Сілітіелма (Норвегія) і Оутукумпу (Фінляндія).

### 3.3.3 Свинець і цинк

У рудних родовищах свинець і цинк за рідкісним винятком зустрічаються сумісно, утворюючи поліметалеві руди. Крім свинцю і цинку в поліметалевих рудах як правило містяться у значній кількості срібло, золото, мідь, а також рідкі і розсіяні елементи. Свинець відомий з найдавніших часів, він характеризується хімічною стійкістю, ковкістю і низькою температурою плавлення. На даний час близько 68% виплавленого свинцю використовується в електрокабельній і акумуляторній промисловості. Широко застосовуються сплави свинцю з іншими металами (бабіт, типографський сплав та ін.). Із свинцю виготовляються захисні

ди. На древних докембрійських щитах зустрічаються численні медні месторождения, которые испытали сильный метаморфизм и потому их первичное происхождение трудно распознаваемо. К этим образованиям принадлежат *сульфидные скарновые месторождения* Скандинавии. Они связаны с архейскими породами, состоявшими первично из кислых или средних лав и туфов с прослоями известняков и доломитов. Сульфидные месторождения (пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, галенит) часто встречаются совместно с метаморфическими окисными месторождениями железа (магнетит, гематит) типа Кируна. В связи с этим можно предположить, что рассматриваемые сульфидные месторождения относятся к первично вулканогенно-осадочным или субвулканогенно-гидротермально-осадочным образованиям типа Рио-Тинто или другим колчеданным. Крупные месторождения данного типа – Фалун, Сала, Болиден (Швеция), Рёрос, Силитиелма (Норвегия) и Оутукумпу (Финляндия).

### 3.3.3 Свинець і цинк

В рудных месторождениях свинец и цинк за редким исключением встречаются совместно, образуя полиметаллические руды. Кроме свинца и цинка в полиметаллических рудах обычно содержатся в заметных количествах серебро, золото, медь, а также редкие и рассеянные элементы. Свинец известен с древнейших времен, он характеризуется химической стойкостью, ковкостью и низкой температурой плавления. В настоящее время около 68% выплавляемого свинца используется в электрокабельной и аккумуляторной промышленности. Широко применяются сплавы свинца с другими металлами (баббит, типографский сплав и др.). Из свинца изготовля-

екрани від рентгенівських і гама випромінювань. Свинець використовується для виготовлення фарб, боеприпасів, застосовується як антидетонаторна добавка в бензин та ін.

Цинк у більшості країн застосовується для покриття залізних листів, труб, дроту (47%). Значна кількість його (19%) використовується для одержання різних сплавів (латунь, бронза, мельхіор), лиття під тиском (14%). У технології збагачення і хімічному виробництві цинк застосовується як осаджувач металів (наприклад, при ціануванні золота). Цинк використовується в лакофарбовій промисловості та інших галузях.

Найбільше великими розвіданими запасами свинцю і цинку володіють Росія, США, Австралія, Казахстан, Канада, КНР. Загальносвітові запаси свинцю оцінюються в 212млн.т, а цинку – близько 500млн.т. Унікальні родовища містять більше 5млн.т сумарних запасів свинцю і цинку. Великі і середні – від 5млн.т до 200млн.т, дрібні – менше 200тис.т. Щорічне виробництво свинцю, у тому числі з вторинної сировини, склало наприкінці ХХст. близько 6млн.т, а цинку – до 8млн.т. Ціна рафінованого свинцю і цинку у 2004р. дорівнювала 950 і 1260\$/т відповідно.

На даний час розробляються руди із вмістом у них не менше 3% свинцю і цинку в сумі; при високому вмісті у них срібла, золота чи інших цінних компонентів вимоги по свинцю і цинку знижуються.

Середній вміст у земній корі: свинцю  $1,6 \cdot 10^{-3}\%$ , цинку  $8,3 \cdot 10^{-3}\%$ . Найбільш тісно ці метали пов'язані з кислими магматичними породами і концентруються в постмагматичних утвореннях. При цьому утворюються родовища: скарнові, гідро-

ються защитные экраны от рентгеновских и гамма излучений. Свинец расходуется на приготовление красок, применяется в качестве антидетонаторной добавки в бензин, изготовление боеприпасов и др.

Цинк в большинстве стран расходуется на покрытие железных листов, труб, проволоки (47%). Значительное количество его (19%) используется для получения различных сплавов (латунь, бронза, мельхиор), литья под давлением (14%). В технологии обогащения и химическом производстве цинк применяется в качестве осадителя металлов (например, при цианировании золота). Цинк используется в лакокрасочной промышленности и других отраслях.

Наиболее крупными разведанными запасами свинца и цинка обладают Россия, США, Австралія, Казахстан, Канада, КНР. Общемировые запасы свинца оцениваются в 212млн.т, а цинка – около 500млн.т. Уникальные месторождения содержат более 5млн.т суммарных запасов свинца и цинка. Крупные и средние – от 5млн.т до 200млн.т, мелкие – менее 200тыс.т. Ежегодное производство свинца, в том числе из вторичного сырья, составило в конце ХХв около 6млн.т, а цинка – до 8млн.т. Цена рафинированного свинца и цинка в 2004г. равнялась 950 и 1260\$/т соответственно.

В настоящее время разрабатываются руды с содержанием в них не менее 3% свинца и цинка в сумме; при высоких содержаниях в них серебра, золота или других ценных компонентов требования по свинцу и цинку снижаются.

Среднее содержание в земной коре: свинца  $1,6 \cdot 10^{-3}\%$ , цинка  $8,3 \cdot 10^{-3}\%$ . Наиболее тесно эти металлы связаны с умеренно кислыми магматическими породами и концентрируются в постмагматических образованиях. При этом образуются месторождения: скарновые, гидротермально-плутоногенные,

термально-плутоногенні, гідротермальновулканогенні, колчеданно-поліметалеві, стратиформні і метаморфізовані.

*Скарнові* родовища свинцево-цинкових руд зустрічаються досить часто і нерідко представляють істотне промислове значення, забезпечуючи 6% запасів і 9-14% видобутку. Найбільш широко відомими є родовища Примор'я (Миколаївське, Верхнє), Забайкалля (Кадаїнське та ін.), Казахстану і Середньої Азії (Кизил-Еспе, Алтин-Топкан, Кансай), США (Лоуренс), Перу (Серро-де-Паско), Аргентини (Агилар), Швеції (Амбаберг), ряд родовищ КНР і Японії.

Руди скарнових свинцево-цинкових родовищ як правило мають складний склад, що представляє собою агрегат типових скарнових мінералів, сульфідів і супровідних їхніх утворень. Родовища, як правило, локалізуються в приконтактовій області біля поверхневих помірковано кислих магматичних порід і карбонатних товщ.

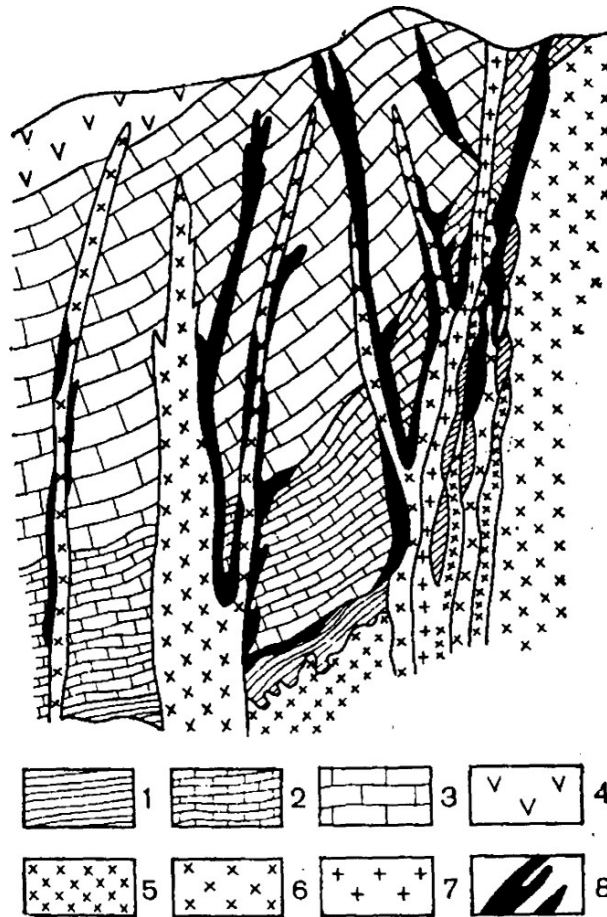
Родовище *Алтин-Топкан* відноситься до зони тектонічного розлому, у якій відбувалося впровадження магматичних порід, що утворили дрібні штоки і дайки. Зруденіння локалізувалося як вздовж контакту гранодіоритів з вапняками, так і вздовж даек з утворенням складно гілчастих трубоподібних тіл (мал.3.15). Рудоутворенню передувало дроблення і гідротермальні перетворення скарнів у кварц-епідотові і кварц-епідот-хлоритову породу з сульфідами. Серед останніх головними є пірит, сфалерит, галеніт, халькопірит.

гідротермальновулканогенные, колчеданно-полиметаллические, стратиформные и метаморфизованные.

*Скарновіе* месторождения свинцово-цинковых руд встречаются довольно часто и нередко представляют существенное промышленное значение, обеспечивая 6% запасов и 9-14% добычи. Наиболее широко известными являются месторождения Приморья (Николаевское, Верхнее), Забайкалья (Кадаинское и др.), Казахстана и Средней Азии (Кызыл-Эспе, Алтын-Топкан, Кансай), США (Лоуренс), Перу (Серро-де-Паско), Аргентины (Агилар), Швеции (Амбаберг), ряд месторождений КНР и Японии.

Руди скарновых свинцево-цинковых месторождений обычно имеют сложный состав, представляющий собой агрегат типичных скарновых минералов, сульфидов и сопровождающих их образований. Месторождения, как правило, локализуются в приконтактовой области близ поверхностных умеренно кислых магматических пород и карбонатных толщ.

Месторождение *Алтын-Топкан* приурочено к зоне тектонического разлома, в которой происходило внедрение магматических пород, образовавших мелкие штоки и дайки. Оруденение локализовалось как вдоль контакта гранодиоритов с известняками, так и вдоль даек с образованием сложно ветвящихся трубообразных тел (рис.3.15). Рудообразованию предшествовало дробление и гидротермальные преобразования скарнов в кварц-эпидотовые и кварц-эпидот-хлоритовую породу с сульфидами. Среди последних главными являются пирит, сфалерит, галенит, халькопирит.



Мал. 3.15. Схематичний поперечний розріз скарнового родовища Алтин-Топкан (по А.А. Амирасланову):

1 - ефузивно-осадкові породи; 2 - доломіти; 3 - вапняки; 4 - туфи; 5 - гранодіорити; 6 - гранодіорит-порфіри; 7 - граніти; 8 - скарново-рудні тіла.

Рис. 3.15. Схематический поперечный разрез скарнового месторождения Алтын-Топкан (по А.А.Амирасланову):

1 – эффузивно-осадочные породы; 2 – доломиты; 3 – известняки; 4 – туфы; 5 – грано-диориты; 6 – гранодиорит-порфиры; 7 – граниты; 8 – скарново-рудные тела.

*Плутоногенні гідротермальні родовища* представлені жильними рудними тілами, як великими одиночними, так і численними протяжними жилами. Вкраплені і масивні руди контролюються розривними порушеннями. Навколо рудних тіл породи – гранітоїди, вапняки, піщано-сланцеві відкладення - окварцьовані чи доломитизовані. Рудоутворення пов'язується з підйомом гідротерм із глибинних магматичних джерел. До даного промислово-генетичного типу відносяться родовища Кавказу (Садон, Згід), Східного Забайкалля (Нерчинська група), Чехії і Німеччини (Рудні Гори), США, Перу (Серро-де-Паско, Санта-Евлалія),

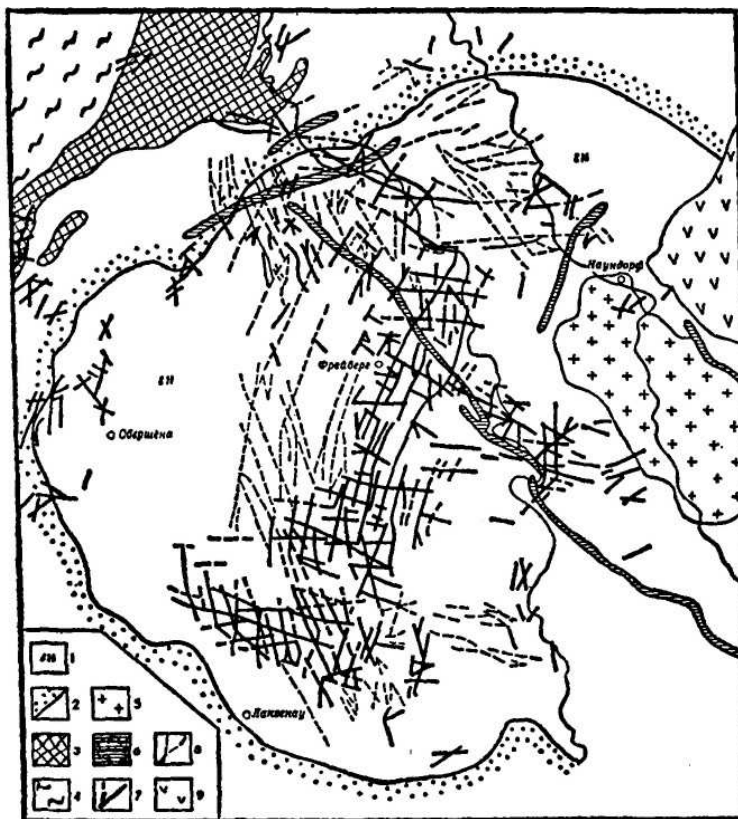
*Плутоногенные гидротермальные месторождения* представлены жильными рудными телами, как крупными одиночными, так и многочисленными протяженными жилами. Вкрапленные и массивные руды контролируются разрывными нарушениями. Вокруг рудных тел породы – гранитоиды, известняки, песчано-сланцевые отложения - окварцованы или доломитизированы. Рудообразование связывается с подъемом гидротерм из глубинных магматических источников. К данному промышленно-генетическому типу относятся месторождения Кавказа (Садон, Згід), Восточного Забайкалля (Нерчинская группа), Чехии и ФРГ (Рудные Горы), США,

Мексика, Канада (Кен-Хилл) та інші, деякі з них дуже подібні із скарновими родовищами, і їх відносять то до однієї, то до іншої групи. Наприклад, родовище Трепча (Югославія). Це родовище залягає на контакті трахітового штока і палеозойських вапняків. Потужність рудного тіла досягає 50м, вміст – 9% Pb і 7% Zn, запаси – кілька мільйонів тонн руди.

Прикладом *жильних родовищ* є Фрейберзьке рудне поле (Німеччина), де протягом 800-літньої експлуатації (починаючи з 1168р.) було розкрито більше 1000 свинцево-цинкових із сріблом рудних родовищ. Руди Фрейберзького типу, у тому числі з уран-вісмут-кобальтовою мінералізацією поширені в багатьох інших жильних районах Рудних гір Німеччини і Чехії.

Перу (Серро-де-Паско, Санта-Евдалія), Мексики, Канади (Кен-Хилл) и другие, некоторые из них весьма сходны со скарновыми месторождениями, и их относят то к одной, то к другой группе. Например, месторождение Трепча (Югославия). Это месторождение залегает на контакте трахитового штока и вмещающих палеозойских известняков. Мощность рудного тела достигает 50м, содержание – 9% Pb и 7% Zn, запасы – несколько миллионов тонн руды.

Примером *жильных месторождений* является Фрейбергское рудное поле (ФРГ), где в течение 800-летней эксплуатации (начиная с 1168г) было вскрыто более 1000 свинцево-цинковых с серебром рудных тел. Руды Фрейбергского типа, в том числе с уран-висмут-кобальтовой минерализацией распространены во многих других жильных районах Рудных гор ФРГ и Чехии.



Мал. 3.16. Центральна частина Фрейберзького рудного поля (по Л. Бауману):  
 1 - гнейси, нижній ярус; 2 - гнейси, верхній ярус; 3 - слюдисті сланці; 4 - філіти;  
 5 - граніти; 6 - порфіри; 7 - рудні жили; 8 - тектонічні порушення; 9 - габро.

Рис. 3.16. Центральная часть Фрейбергского рудного поля (по Л.Бауману):  
 1 – гнейсы, нижний ярус; 2 – гнейсы, верхний ярус; 3 – слюдистые сланцы; 4 – филлиты;  
 5 – граниты; 6 – порфиры; 7 – рудные жилы; 8 – тектонические нарушения; 9 – габбро.

До відомих європейських жильних родовищ відносяться Пржибрам (Чехія), Бая-Марі (Румунія), Маден (Болгарія), Рейнські сланцеві гори і Шварцвальд (Німеччина), Французький Центральний масив та ін.

Світове значення мають рудні поля району Кер-д'ален (США), а також численні родовища, іноді з відносно високим вмістом срібла, у Мексиці і Болівії.

*Вулканогенні гідротермальні родовища* характерні приуроченістю до андезитів, дацитів, ліпаритів і інших вулканічних порід жерлової фації. Рудні тіла мають жильну, лінзоподібну, штокверкову форму і просліджуються на десятки, рідше сотні метрів по простяганню і падінню при потужності до 1-1,5м. такі поліметалеві родовища відомі в Закавказзя (Мехмана), Середньої Азії (Канимансур), Перу (Касапалка). Понад 100 років вони розробляються в Румунії, Словаччині та інших країнах Східної Європи. Відомі ці родовища в Українському Закарпатті, де головним є Береговський рудний район з родовищами Беганським, Береговським і Мужиевським. На Беганському барит-поліметалевому родовищі верхні горизонти представлені алунітовими рудами, що змінюються на глибинах 130-160м баритовими жилами, переходячи глибше в барит-поліметалеві і поліметалеві руди. Береговське родовище містить 1,8млн.т свинцю і цинку при їхній кількості в рудах 2,3 і 4,9%, відповідно. За своєю геологічною будовою подібно з Беганським. На продовженні Береговського родовища знаходиться Мужиевське золото-поліметалеве, де відбувалась розробка золотомістких руд з 1999 по 2004р.

*Колчеданні родовища* просторово і генетично пов'язані з вулканогенними

К известным европейским жильным месторождениям относятся Пржибрам (Чехия), Бая-Маре (Румыния), Маден (Болгария), Рейнские сланцевые горны и Шварцвальд (ФРГ), Французский Центральный массив и другие.

Мировое значение имеют рудные поля района Кер-д'Ален (США), а также многочисленные месторождения, иногда с относительно высоким содержанием серебра, в Мексике и Боливии.

*Вулканогенные гидротермальные месторождения* характерны приуроченностью к андезитам, дацитам, липаритам и другим вулканическим породам жерловой фации. Рудные тела имеют жильную, линзовидную, штокверковую форму и прослеживаются на десятки, реже сотни метров по простиранию и падению при мощности до 1-1,5м. такие полиметаллические месторождения известны в Закавказье (Мехмана), Средней Азии (Канимансур), Перу (Касапалка). Более 100 лет они разрабатываются в Румынии, Словакии и других странах Восточной Европы. Известны эти месторождения в Украинском Закарпатье, где ведущим является Береговский рудный район с месторождениями Беганским, Береговским и Мужиевским. На Беганском барит-полиметаллическом месторождении верхние горизонты представлены алуниновыми рудами, сменяющимися на глубинах 130-160м баритовыми жилами, которые переходят глубже в барит-полиметаллические и полиметаллические руды. Береговское месторождение содержит 1,8млн.т свинца и цинка при их количестве в рудах 2,3 и 4,9%, соответственно. По своему геологическому строению сходно с Беганским. На продолжении Береговского месторождения находится Мужиевское золото-полиметаллическое, где проводилась отработка золотосодержащих руд с 1999 по 2004г.



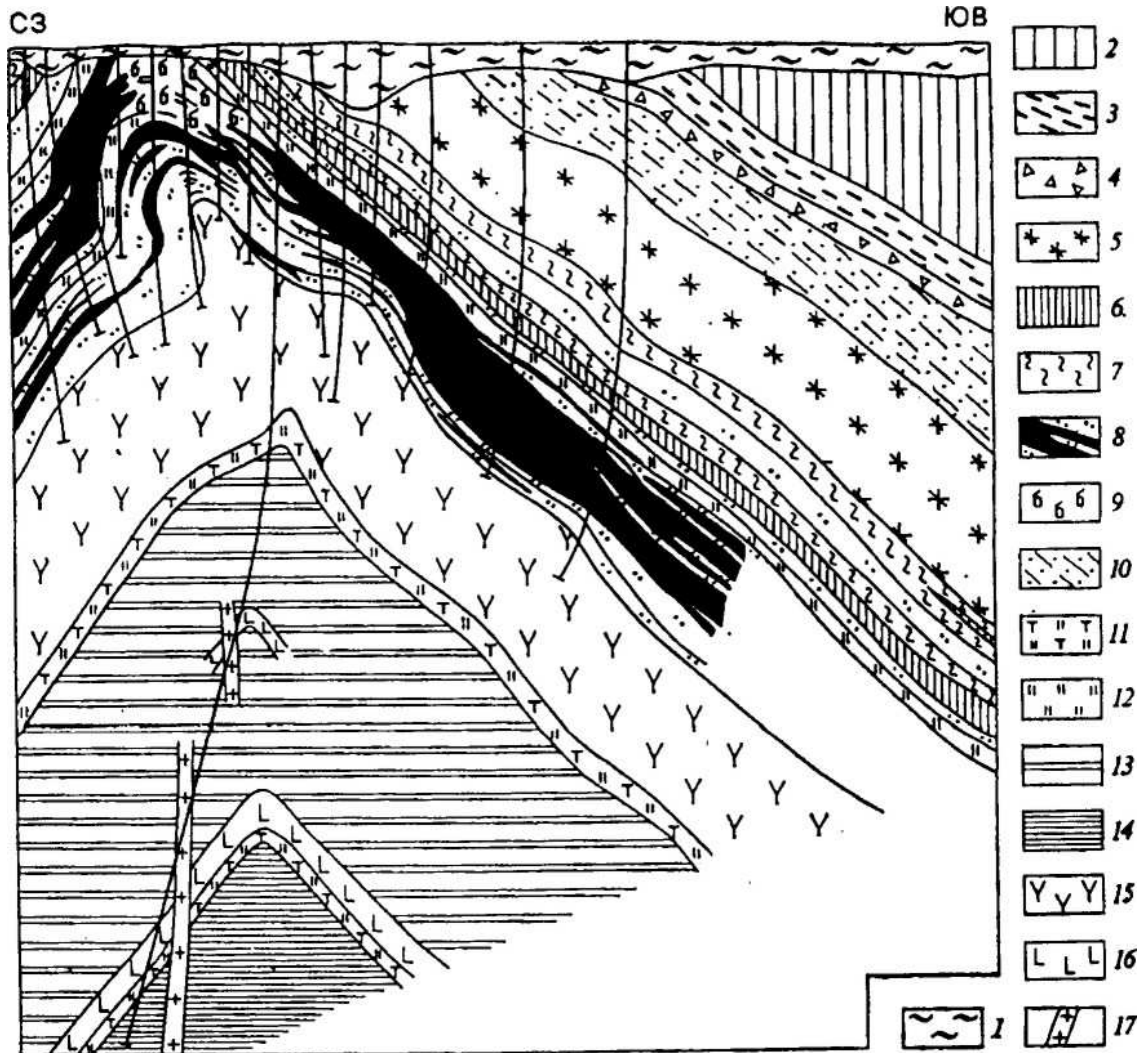
комплексами ранніх стадій евгеосинклінального розвитку. Руди колчеданних поліметалевих родовищ відрізняються високою концентрацією в них піриту, рідше піротину, за мінеральним складом вони типово поліметалеві, до них входять у різних співвідношеннях: сфалерит, галеніт, халькопірит, самородні золото і срібло, телуриди срібла і золота, сульфідні і сульфосоли срібла, сурми. Крім основних металів (свинець, цинк, срібло, золото, мідь) з них здобуваються елементи-домішки: касмій, індій, галій, германій, телур, селен. Найбільш добре вивчені колчеданні родовища Рудного Алтая, Японії (тип Куроко), Іспанії (Ріо-Тінто), Туреччини (Ергані), Німеччина (Раммельсберг). До родовищ цього типу відносяться також Хандиза в Узбекистані, Філізчай в Азербайджані, Жайрем у Казахстані та ін.

*Жайремське рудне поле* складене вулканогенно-осадковими утвореннями середнього девону, морськими і глинисто-карбонатними відкладеннями верхнього девону (Фаменський ярус), що утворюють брахіантикліналь. У ядрі брахіантикліналі породи прорвані субвулканічною інтрузією трахітового складу. Рудоутворення можна підрозділити на два етапи: сингенетичний і епігенетичний. Сингенетичні рудні тіла мають плаstopодібну форму, потужністю 5-25 м і значним поширенням. Залягають ці тіла згідно із шаруватістю (мал.3.17). Епігенетичні тіла різноманітні за формою; їхні розміщення контролюються розривними порушеннями і тріщинуватістю. За речовинним складом серед сингенетичних руд виділяються залізні, залізо-марганцеві і цинкові (пірит-сфалеритові), а серед епігенетичних – цинк-баритові, свинцево-баритові, свинцево-цинк-баритові і баритові.

*Колчеданніе месторождения* про-странственно и генетически связаны с вулканогенными комплексами ранних стадий эвгеосинклинали развития. Руды колчеданных полиметаллических месторождений отличаются высокой концентрацией в них пирита, реже пирротина, по минеральному составу они типично полиметаллические, в них входят в разных соотношениях: сфалерит, галенит, халькопирит, самородные золото и серебро, теллуриды серебра и золота, сульфиды и сульфосоли серебра, сурьмы. Кроме основных металлов (свинец, цинк, серебро, золото, медь) из них извлекаются элементы-примеси: кадмий, индий, галлий, германий, теллур, селен. Наиболее хорошо изучены колчеданные месторождения Рудного Алтая, Японии (тип Куроко), Испании (Рио-Тинто), Турции (Эргани), ФРГ (Раммельсберг). К месторождениям данного типа относятся также Хандиза в Узбекистане, Філізчай в Азербайджане, Жайрем в Казахстане и другие.

*Жайремское рудное поле* сложено вулканогенно-осадочными образованиями среднего девона, морскими и глинисто-карбонатными отложениями верхнего девона (Фаменский ярус), образующими брахиантиклиналь. В ядре брахиантиклинали породы прорваны субвулканической интрузией трахитового состава. Рудообразование можно подразделить на два этапа: сингенетический и эпигенетический. Сингенетические рудные тела обладают пластообразной формой, мощностью 5-25 м и значительным площадным распространением. Залегают эти тела согласно со слоистостью (рис.3.17). Эпигенетические тела разнообразны по форме; их размещения контролируются разрывными нарушениями и трещиноватостью. По вещественному составу среди сингенетических руд выделяются железные, железо-марганцевые и цинковые (пирит-

сфалеритовые), а среди эпигенетических – цинк-баритовые, свинцово-баритовые, свинцово-цинк-баритовые и баритовые.



Мал. 3.17. Геологічний розріз західної ділянки Жайремського родовища (по В.А. Литкіну):

- 1 - кайнозойські піщано-глинисті відкладення; 2 - верхньотурнейські кремністі вапняки і туфопеліти; 3 - горизонт жовтовистих вапняків (C<sub>1t</sub>); 4 - горизонт «піджовтовистих конглобрекцій»(C<sub>1t</sub>); 5 - червонобарвні і сіробарвні кремністі вапняки (D<sub>3fm</sub>); 6 - горизонти залізних руд (D<sub>3fm</sub>); 7 - сірі вузлувато-верстуваті кремністі вапняки; 8 - пластові поклади свинцюво-цинкових руд продуктивної пачки (D<sub>3fm</sub>); 9 - лінзи кремністо-баритових і барит-поліметалевих руд ; 10 - нижньотурнейські і верхньофаменські флішоїдні відкладення; 11 - горизонти туфогено-осадових порід; 12 - горизонт карбонатно-польовошпато-кремністих порід; 13 - неясно-шаруваті глинясто-кремністо-вапняні породи (D<sub>3fm</sub>); 14 - аргілітоподібні породи (D<sub>3fm</sub>); 15 - трахітові порфіри; 16 - мигдалекам'яні порфірити; 17 - породи кислого складу.

Рис. 3.17. Геологический разрез западного участка Жайремского месторождения (по В.А.Лыткину):

- 1 – кайнозойские песчано-глинистые отложения; 2 – верхнетурнейские кремнистые известняки и туфопелиты; 3 – горизонт желваковистых известняков (C<sub>1t</sub>); 4 – горизонт «поджелваковистых конглобрекций»(C<sub>1t</sub>); 5 – красноцветные и сероцветные кремнистые известняки (D<sub>3fm</sub>); 6 – горизонты железных руд (D<sub>3fm</sub>); 7 – серые узловатослоистые кремнистые известняки; 8 – пластовые залежи свинцово-цинковых руд продуктивной пачки (D<sub>3fm</sub>); 9 – линзы кремнисто-баритовых и барит-полиметаллических руд; 10 – ниже-турнейские и верхнефаменские флишоидные отложения; 11 – горизонты туфогенно-осадочных пород; 12 – маркирующий горизонт карбонатно-полевошпато-кремнистых пород; 13 – неясно-слоистые глинисто-кремнисто-известковые породы (D<sub>3fm</sub>); 14 – аргилито-подобные породы (D<sub>3fm</sub>); 15 – трахитовые порфиры; 16 – миндалекаменные порфириты; 17 – дайки пород кислого состава.

*Стратиформні поліметалеві родовища* відносяться до визначених стратиграфічних частин потужних товщ карбонатних порід пізньої стадії геосинклинального розвитку чи платформних областей. Утворення руд родовищ цього типу відбувається у два етапи: на початку осаджуються сингенетичні сполуки металів, що пізніше підігрітими водами глибинної циркуляції частково перевідкладаються. В останньому випадку виникають січні епігенетичні тіла суцільних і дисперсних руд. Безпосередньо рудовміщуючі породи як правило окварцовані, доломітизовані і баритизовані. До описаної групи відносяться родовища рудної провінції Міссурі-Міссісіпі (США) верхньокембрійської теригенно-карбонатної формації, Олькушт (Польща), Мизига (Югославія), Райба (Італія), Блайберг (Австрія) та ін. Типовим представником стратиформних свинцево-цинкових родовищ є Миргалімсай, Ачисай та інші в Казахстані.

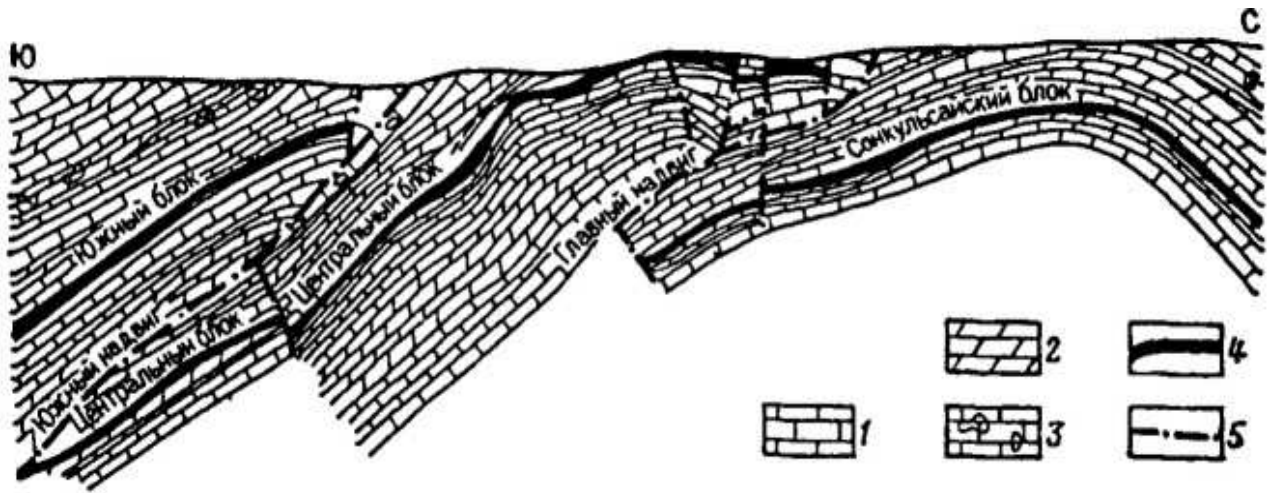
Родовище *Миргалімсай* розташоване на південному схилі хребта Каратау. Площа родовища складена карбонатними породами верхнього девону - нижнього карбону загальною потужністю 1300м. За літологічними ознаками вони підрозділяються на шістнадцять горизонтів (вапняки, доломіт, вапняні і доломітові брекчії). Переважна кількість рудних тіл відноситься до горизонту так званих стрічкових вапняків, що залягає в середині девонської пачки. Рудовміщуюча порода цього горизонту характеризується наявністю органічного матеріалу. У складі руд відзначаються: галеніт, сфалерит, пірит, марказит, кальцит, доломіт, сидерит, барит, в окремих блоках у промислових кількостях міститься срібло. Рудні мінерали утворюють тонку пошарову вкрапленість, форма тіла пластоподібна. Най-

*Стратиформні поліметаліческие месторождения* приурочені к определенным стратиграфическим частям мощных толщ карбонатных пород поздней стадии геосинклинального развития или платформенных областей. Образование руд месторождений этого типа происходит в два этапа: в начале осаждаются сингенетические соединения металлов, которые позже подогретыми водами глубинной циркуляции частично переотлагаются. В последнем случае возникают секущие эпигенетические тела сплошных и дисперсных руд. Непосредственно рудовмещающие породы обычно окварцованы, доломитизированы и баритизированы. К описанной группе относятся месторождения рудной провинции Миссури-Миссисипи (США) приуроченные к верхнекембрийской терригенно-карбонатной формации, Олькушт (Польша), Мизига (Югославия), Райбла (Италия), Блайберг (Австрия) и другие. Типичным представителем стратиформных свинцево-цинковых месторождений является Миргалімсай, Ачисай и другие в Казахстане.

Месторождение *Миргалімсай* расположено на южном склоне хребта Каратау. Площадь месторождения сложена карбонатными породами верхнего девона – нижнего карбона общей мощностью 1300м. По литологическим признакам они подразделяются на шестнадцать горизонтов (известняки, доломит, известковые и доломитовые брекчии). Преобладающее количество рудных тел приурочено к горизонту так называемых ленточных известняков, залегающему в середине девонской пачки. Рудовмещающая порода этого горизонта характеризуется наличием органического материала. В составе руд отмечаются: галенит, сфалерит, пирит, марказит, кальцит, доломит, сидерит, барит, в отдельных блоках в промышленных количествах содержится се-

більше практичне значення мають свинець і барій. На думку багатьох геологів нагромадження металів відбувалося в процесі седиментації, а мінерали, що спостерігаються на цей час, утворилися в період діагенезу і катагенезу (мал.3.18).

ребро. Рудные минералы образуют тонкую послойную вкрапленность, форма тела пластообразная. Наибольшее практическое значение имеют свинец и барий. По мнению многих геологов накопление металлов происходило в процессе седиментации, а наблюдаемые в настоящее время минералы образовались в период диагенеза и катагенеза (рис.3.18).



Мал. 3.18.Схематичний розріз Миргалімсайського родовища (за матеріалами Миргалімсайського ГРП):

1 - вапняки; 2 - доломіти; 3 - брекчіювані вапняки; 4 - рудні тіла; 5 - тектонічні порушення.

Рис. 3.18.Схематический разрез Миргалімсайского месторождения (по материалам Миргалімсайского ГРП):

1 – известняки; 2 – доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – тектонические нарушения.

Метаморфізовані родовища утворилися переважно у протерозойську епоху і є більше продуктивними. Серед них відомо до десяти унікальних родовищ, у яких зосереджена головна маса руд свинцю і цинку.

Родовище *Брокен-Хілл* (Австралія) за продуктивністю і запасами відноситься до найбільших свинцево-цинкових родовищ світу. Тут добуто більше 120млн.т руди із вмістом свинцю і цинку 25%. Первинне його походження найбільш ймовірно було вулканогенно-осадочним. Крутопадаючі рудні поклади потужністю до 45м залягають у докембрійських породах, представлених слюдистими сланцями, кварцитами, амфіболітами. Мінералізація

Метаморфізованые месторождения образовались преимущественно в протерозойскую эпоху и являются более продуктивными. Среди них известно до десяти уникальных месторождений, в которых сосредоточена главная масса руд свинца и цинка.

Месторождение *Брокен-Хилл* (Австралия) по продуктивности и запасам относится к крупнейшим свинцево-цинковым месторождениям мира. Здесь добыто более 120млн.т руды с содержанием свинца и цинка 25%. Первичные его происхождения наиболее вероятно было вулканогенно-осадочным. Крутопадающие рудные залежи мощностью до 45м залегают в докембрійских породах, представленных слюдистыми

складається з декількох сульфідів (переважно галеніт і сфалерит), а також з марганцевих гранатів і цинкової шпінелі, що дає підставу говорити про первинне колчеданно-гідротермальне свинцово-цинково-марганцеве зруденіння. Температури метаморфічної перекристалізації перевищували 600<sup>0</sup>С. У рудах міститься до 270г/т срібла.

Подібним є унікальне метаморфогенне родовище *Сулліван* у Канаді. Запаси поліметалевих руд цього родовища, що представляє собою лінзоподібний поклад довжиною близько 2км і середньої потужності 40м серед докембрійських глинистих сланців і кварцитів склали 100млн.т при сумарному вмісті свинцю і цинку більше 10%.

Родовище *Мак-Артур-Рівер* (Австралія) з розвіданими запасами свинцю 6,6млн.т, цинку близько 15млн.т і срібла понад 6тис.т, також відноситься до найбільших у світі. Протяжний (до 3км) пластовий рудний поклад потужністю 50м відноситься до флішоїдної товщі протерозойського віку, що нагромадилася у внутріконтинентальній рифтовій зоні. У складі покладу виділяється сім пластів багатих руд із сумарним вмістом свинцю і цинку більше 13%, які розділені бітумінозними глинистими сланцями з кількістю свинцю і цинку до 8%. Метаморфізовані докембрійські колчеданно-поліметалеві родовища, що відрізняються унікальними масштабами, знаходяться також у Росії (Холоднинське в Північному Прибайкаллі) й Алясці (Ред-Дог), Озерне в Бурятії та інших місцях.

#### 3.3.4 Нікель і кобальт

Нікель (ложна мідь) був отриманий шведським мінералогом А. Кронштедтом

сланцями, кварцитами, амфіболітами. Мінералізація состоит из нескольких сульфидов (преимущественно галенит и сфалерит), а также из марганцевых гранатов и цинковой шпинели, что дает основание говорить о первичном колчеданно-гидротермальном свинцово-цинково-марганцевом оруденении. Температуры метаморфической перекристаллизации превышали 600<sup>0</sup>С. В рудах содержится до 270г/т серебра.

Сходным является уникальное метаморфогенное месторождение *Сулліван* в Канаде. Запасы полиметаллических руд этого месторождения, представляющего собой линзовидную залежь длиной около 2км и средней мощности 40м среди докембрійських глинистых сланцев и кварцитов составляли 100млн.т при суммарном содержании свинца и цинка более 10%.

Месторождение *Мак-Артур-Рівер* (Австралия) с разведанными запасами свинца 6,6млн.т, цинка около 15млн.т и серебра более 6тыс.т, также относится к крупнейшим в мире. Протяженная (до 3км) пластовая рудная залежь мощностью 50м приурочена к флишоидной толще протерозойского возраста, накопившейся во внутриконтинентальной рифтовой зоне. В составе залежи выделяется семь слоев богатых руд с суммарным содержанием свинца и цинка более 13%, которые разделены битуминозными глинистыми сланцами с количеством свинца и цинка до 8%. Метаморфизованные докембрійські колчеданно-поліметаллические месторождения, отличающиеся уникальными масштабами, находятся также в России (Холоднинское в Северном Прибайкалье) и Аляске (Рэд-Дог), Озерное в Бурятии и других местах.

#### 3.3.4 Нікель и кобальт

Никель (ложная медь) был получен шведским минерологом А.Кронштедтом в

у 1751р., а його промислове виробництво почалося на початку ХХст. Після відкриття в 1865р. родовища багатих руд о.Нова Каледонія, а в 90-х рр. ХХст. родовищ Канади споживання його значно розширилося.

Нікель має високі антикорозійні властивості, добре полірується, легко піддається куванню і вальцюється, витягається в тонкий дріт. Крім того, утворює велику кількість сплавів із залізом та іншими металами (Cu, Zn, Al, Cr), у тому числі рідкісними землями, що мають різноманітні властивості.

Кобальт використовується в металургії якісних сталей, особливо при виготовленні твердих сплавів – стелитів (Co, W, Mo, Cr) і альніко (Al, Ni, Co). Крім того, кобальт застосовується у виробництві барвників, у хімічній промисловості і медицині.

Розвідані запаси нікелю в 36 зарубіжних країнах складають 90млн.т. Найбільш великими запасами володіють Нова Каледонія (близько 25% усіх запасів країн далекого зарубіжжя), Росія, Канада, Куба, ПАР, Австралія, КНР, Індонезія, Албанія, Греція. Унікальні родовища - більше 500тис.т металу, великі і середні - 500-100, дрібні - менше 100. У 34 унікальних і найбільш великих родовищах зосереджено 91% світових підтверджених запасів, що забезпечують 93% світового видобутку.

Щорічна потреба нікелю в усьому світі зростає, у 2000р. вона склала 1,03млн.т. Основними світовими виробниками нікелю в 2004р. були Росія (218тис.т), Японія (160), Канада (147), Австралія (106), Норвегія (59), Фінляндія (55), Нова Каледонія і КНР ( по 93млн.т.). Вартість 1т нікелю на Лондонській біржі складала наприкінці 2004р. 17700\$/т, тоді як у

1751г, а его промышленное производство началось в начале XIXв. После открытия в 1865г месторождения богатых руд о.Новая Каледонии, а в 90-х годах XXв. месторождений Канады потребление его значительно расширилось.

Никель обладает высокими антикоррозионными свойствами, хорошо полируется, легко поддается ковке и вальцуется, вытягивается в тонкую проволоку. Кроме того, образует большое количество сплавов с железом и другими металлами (Cu, Zn, Al, Cr), в том числе редкими землями, обладающих разнообразными свойствами.

Кобальт используется в металлургии качественных сталей, особенно при изготовлении твердых сплавов – стеллитов (Co, W, Mo, Cr) и альнико (Al, Ni, Co). Кроме того, кобальт применяется в производстве красителей, в химической промышленности и медицине.

Разведанные запасы никеля в 36 зарубежных странах составляют 90млн.т. Наиболее крупными запасами обладают Новая Каледония (около 25% всех запасов стран дальнего зарубежья), Россия, Канада, Куба, ЮАР, Австралія, КНР, Индонезия, Албания, Греция. Уникальные месторождения - более 500тыс.т металла, крупные и средние - 500-100, мелкие - менее 100. В 34 уникальных и наиболее крупных месторождениях сосредоточено 91% мировых подтвержденных запасов, которые обеспечивают 93% мировой добычи.

Ежегодная потребность никеля во всем мире растет, в 2000г она составила 1,03млн.т. Основными мировыми производителями никеля в 2004г являлись Россия (218тыс.т), Япония (160), Канада (147), Австралия (106), Норвегия (59), Финляндия(55), Новая Каледония и КНР (по 93тыс.т.). Стоимость 1т никеля на Лондонской бирже составляла в конце 2004г

1993р. вона дорівнювала 5,3тис.\$/т.

Запаси кобальту складають 5,3млн.т, найбільше великими володіють Заір (37,5%), Куба (22,5), Нова Каледонія (7,5). В унікальних родовищах кількість кобальту більше 50тис.т, великих і середніх - 50-10тис.т, дрібних - менше 10тис.т. Річне виробництво складає близько 30тис.т. Світові ціни мають тенденцію росту з 2200тис.\$/т 1990р. до 6500тис.\$/т у 2002р.

Кларк нікелю –  $5,8 \cdot 10^{-3}\%$ , кобальту –  $1,8 \cdot 10^{-3}\%$ .

В ендегенних умовах вони концентруються в основних і ультраосновних магмах у вигляді домішок у силікатах чи у формі сульфідів. При сприятливих умовах у ході диференціації магми відбувається відокремлення сульфідного розплаву (ліквація), у якому разом з нікелем накопичується мідь, кобальт, платиноїди, іноді золото та інші елементи. Надалі при розкристалізації цього розплаву утворюється характерна формація сульфідних мідно-нікелевих руд. Морфологічно серед них виділяють висячі поклади як правило вкраплених руд, що розташовуються у внутрішніх частинах масиву; придонні залягають у припідшовеній частині інтрузивів, як правило тут переважають масивні чи густовкраплені руди; віджаті (офсайтові) складногілчасті тіла багатих масивних руд; іноді виникають жиллоподібні крутопадаючі тіла у верхній частині масиву материнських порід (за типом вони подібні до віджатих).

У більше кислих магмах утворюються гідротермальні розчини з'єднань нікелю, кобальту, миш'яку, іноді срібла, вісмуту й урану, з яких формуються родовища п'ятиелементової формації (Ni, Co, Bi, Ag, U), типу Рудних Гір. Кобальт, крім того, утворює промислові скупчення в

17700\$/т, тогди как в 1993г она равнялась 5,3тыс.\$/т.

Запасы кобальта составляют 5,3млн.т, наиболее крупными обладают Заир (37,5%), Куба (22,5), Новая Каледония (7,5). В уникальных месторождениях количество кобальта более 50тыс.т, крупных и средних - 50-10тыс.т, мелких - менее 10тыс.т. Годовое производство составляет около 30тыс.т. Мировые цены имеют тенденцию к росту с 2200тыс.\$/т в 1990г. до 6500тыс.\$/т в 2002г.

Кларк никеля –  $5,8 \cdot 10^{-3}\%$ , кобальта –  $1,8 \cdot 10^{-3}\%$ .

В эндогенных условиях они концентрируются в основных и ультраосновных магмах в виде примесей в силикатах или в форме сульфидов. При благоприятных условиях в ходе дифференциации магмы происходит обособление сульфидного расплава (ликвация), в котором вместе с никелем накапливается медь, кобальт, платиноиды, иногда золото и другие элементы. В дальнейшем при раскристаллизации этого расплава образуется характерная формація сульфидных медно-никелевых руд. Морфологически среди них выделяют висячие залежи обычно вкрапленных руд, располагающиеся во внутренних частях вмещающего массива; придонные, залегающие в приподшовенной части интрузивов, обычно здесь преобладают массивные или густовкрапленные руды; отжатые (оффсайтовые) сложноветвящиеся тела богатых массивных руд; иногда возникают жиллообразные крутопадающие тела в верхней части массива материнских пород (по типу они подобны отжатым).

В более кислых магмах образуются гидротермальные растворы соединений никеля, кобальта, мышьяка, иногда серебра, висмута и урана, из которых формируются месторождения так называемой пятиэлементовой формации (Ni, Co, Bi, Ag, U), типа

скарнах (Дашкесан на Кавкаїз), мідістих пісковиках (Заїр) і кобальто-срібних жильних тілах (Канада).

В екзогенних умовах нікель і кобальт концентруються в продуктах руйнування основних і ультраосновних порід у нижніх частинах кори вивітрювання. Тут нікель входить до складу водяних силікатів, утворюючи родовища силікатних нікелевих руд. Силікати нікелю знаходяться в парагенезисі з кобальтовими мінералами.

У рудах, що розробляються на даний час в середньому міститься близько 1% нікелю і 0.5-1% кобальту. Припустимі нижні межі вмісту цих металів визначаються залежно від якості руд, умов розробки і масштабів родовища.

Характерним представником сульфідних мідно-нікелевих родовищ є родовище Садбери в Канаді (мал.3.19). Воно відноситься до складнодиференцьованого масиву, у нижній частині якого переважають норити, які вище змінюються габбро. У Садбері виділяються три типи покладів: придонні, висячі, переважно пластоподібної форми, і віджаті поклади жильної, іноді гілчастої форми. Руди головним чином масивні, але нерідко навколо придонних покладів спостерігається значний ореол укралених руд. Мінеральний склад руд складний, поряд із сульфідами нікелю (пентландит, піротин) і міді (халькопірит) у них присутні арсеніди нікелю і кобальту, магнетит, сполуки платини і паладія, зрідка сфалерит, нерідкі золото і срібло. Середній вміст нікелю в рудах 0.7-1.46%, міді - 0.8-1.9, кобальту – 0.07%.

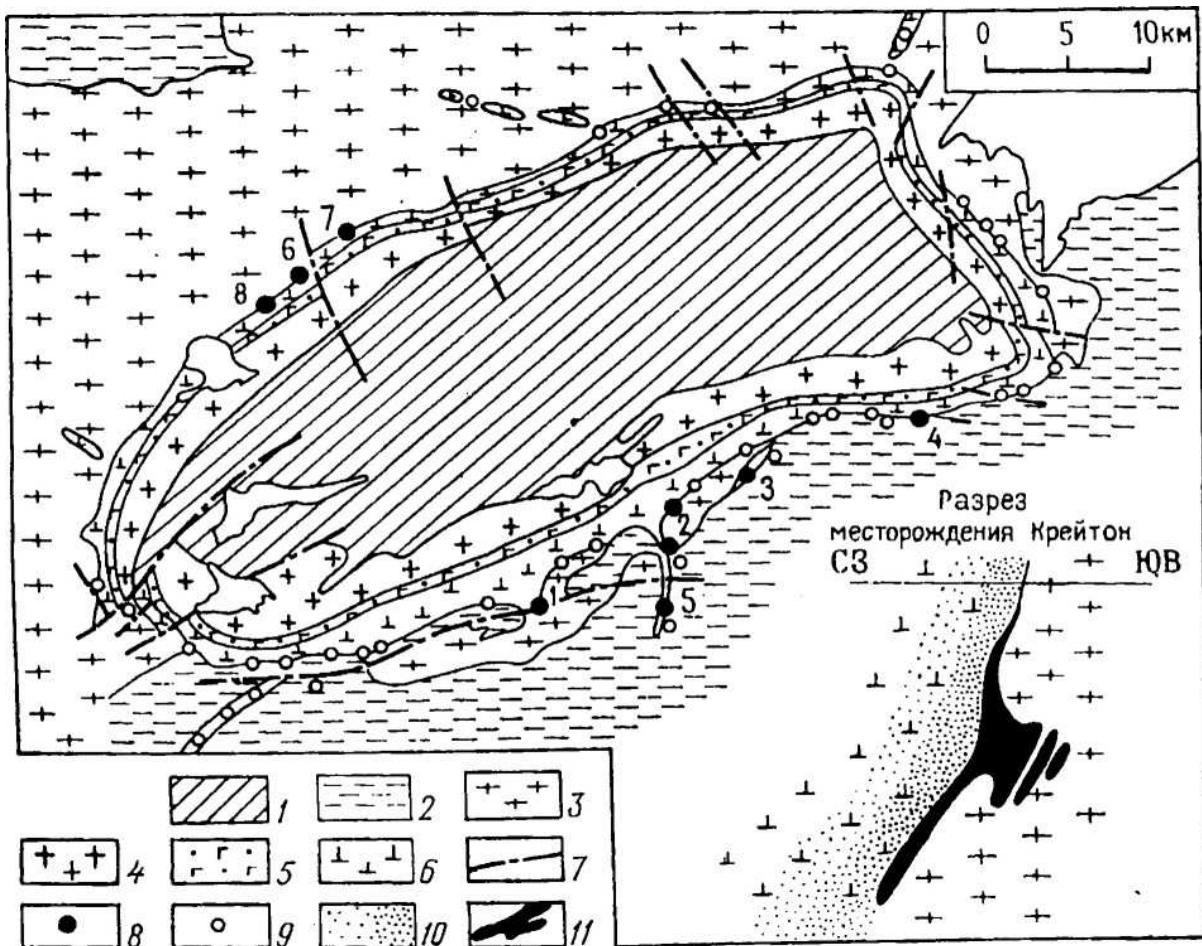
Рудних гор. Кобальт, крім того, образує промислені скоплення в скарнах (Дашкесан на Кавказе), медистих песчаниках (Заїр) і кобальт-серебряних жильних тілах (Канада).

В екзогенних умовах нікель і кобальт концентруються в продуктах руйнування основних і ультраосновних порід в нижніх частинах кори вивітрювання. Тут нікель входить в склад водних силікатів, образує родовища силікатних нікелевих руд. Силікати нікелю знаходяться в парагенезисі з кобальтовими мінералами.

В розроблюваних рудах в настоящее время в среднем содержится около 1% никеля и 0.5-1% кобальта. Допустимые нижние пределы содержания этих металлов определяются в зависимости от качества руд, условий разработки и масштабов месторождения.

Характерным представителем сульфидных медно-никелевых месторождений является Садбери в Канаде (рис.3.19). Оно приурочено к сложно-дифференцированному массиву, в нижней части которого преобладают нориты, выше сменяющиеся габбро. В Садбери выделяются три типа залежей: придонные, висячие, обычно пластобразной формы, и отжатые залежи жильной, иногда ветвящейся формы. Руды главным образом массивные, но нередко вокруг придонных залежей наблюдается значительный ореол украленных руд. Минеральный состав руд сложный, наряду с сульфидными никеля (пентландит, пирротин) и меди (халькопирит) в них присутствуют арсениды никеля и кобальта, магнетит, соединения платины и палладия, изредка сфалерит, нередко золото и серебро. Среднее содержание никеля в рудах 0.7-1.46%, меди - 0.8-1.9, кобальта – 0.07%.





Мал. 3.19. Схематична геологічна карта району Садбері (по Р.Е. Саучу і Т. Подольському):  
 1 - вулканічні та осадові породи серії Уайтуотер (PR); 2 - зеленокам'яна вулканогенно-осадова товща з основними інтрузивними масивами (AR); 3 - граніти, гранітогнейси (AR); 4-6 - інтрузивні породи масиву Садбері (PR): 4-гранофір, 5-кварцове габро, 6-норит; 7 - розривні порушення; 8 - значні мідно-нікелеві родовища (1-Крейтон, 2-Мерей, 3-Фруд-Стобі, 4-Гарсон, 5-Копе-Клиф, 6-Левак, 7-Стражкона, 8-Харді); 9 - дрібні родовища і рудопрояви; 10 - вкраплені руди; 11 - масивні руди.

Рис. 3.19. Схематическая геологическая карта района Сёдбери (по Р.Е.Саучу и Т.Подольскому):  
 1 – вулканические и осадочные породы серии Уайтуотер (PR); 2 – зеленокаменная вулканогенно-осадочная толща с основными интрузивными массивами (AR); 3 – граниты, гранитогнейсы (AR); 4-6 – интрузивные породы массива Сёдбери (PR): 4-гранофир, 5-кварцевое габбро, 6-норит; 7 – разрывные нарушения; 8 – крупные медно-никелевые месторождения (1-Крейтон, 2-Меррей, 3-Фруд-Стоби, 4-Гарсон, 5-Копе-Клиф, 6-Левак, 7-Стражкона, 8-Харди); 9 – мелкие месторождения и рудопроявления; 10 – вкрапленные руды; 11 – массивные руды.

Найбільш великі родовища даної групи розташовані в районі Норильско-Талнахського рудного поля в крайовій частині Сибірської платформи. Тут виявлений ряд інтрузій габро-діабазового складу, з якими просторово і генетично пов'язане мідно-нікелеве зруденіння. Найбільше поширені вкраплені руди, що утворюють придонні пластоподібні поклади усередині масиву габро-діабазів. Менше характерні тіла вкраплених руд у

Наиболее крупные месторождения данной группы расположены в районе Норильско-Талнахского рудного поля в краевой части Сибирской платформы. Здесь выявлен ряд интрузий габбро-диабазового состава, с которыми пространственно и генетически связано медно-никелевое оруденение. Наиболее распространены вкрапленные руды, образующие придонные пластообразные залежи внутри массива габбро-диабазов. Менее характерны тела вкрап-

породах, що підстилають. Суцільні сульфідні руди у вигляді жил, лінз і шлірів локалізовані як у самому інтрузиві, так і в породах, що підстилають. Мідно-нікелеві родовища Норильсько-Талнахського рудного поля, на думку більшості дослідників, утворилися внаслідок ліквідаційно-магматичного процесу і наступної локалізації рудних сульфідів внаслідок гравітаційної диференціації (придонні поклади) чи віджаття розплаву під дією тектонічних зусиль (тіла суцільних сульфідних руд).

*Талнахське* родовище відноситься до верхнього рудного поверху і пов'язано з диференційованим масивом габро-долеритів потужністю 200-250м, що залягає в породах Тунгуської серії пермо-карбону. Основна маса сульфідних мідно-нікелевих руд локалізована в області нижнього енто- і екзоконтакту, вкраплені і масивні руди відзначаються в покрівлі інтрузиву. У рудах Талнаха міститься 1,5% нікелю, 3% міді, 0,10% кобальту і 11г/т платини і платиноїдів.

*Октябрське* родовище розташоване в нижньому рудному ярусі. Воно знаходиться в 30км від м.Норильська і було відкрито в 1965р. колишнім головним геологом Норильського гірничо-металургійного комбінату Г.Д. Вареней – випускником донецького вузу. На основі геофізичної (граві- і магнітометрія) і геологічної інформації він наполіг на повторному огляді даних про безрудність майданчика будівництва теплоелектростанції ТЕС-2. Перша ж перевірна свердловина №584 розкрила на глибинах 800м і більше багату мідно-нікелеву руду (мал.3.20). Родовище залягає в товщі піщано-глинистих відкладень девону і пов'язано з диференційованим масивом габроїдів. Довжина масиву, до нижньої частини

лених руд в підстилаючих породах. Сплошные сульфидные руды в виде жил, линз и шлиров локализованы как в самом интрузиве, так и в подстилающих его породах. Медно-никелевые месторождения Норильско-Талнахского рудного поля, по мнению большинства исследователей, образовались в результате ликвидационно-магматического процесса и последующей локализации рудных сульфидов вследствие гравитационной дифференциации (придонные залежи) или отжатия расплава под действием тектонических усилий (тела сплошных сульфидных руд).

*Талнахское* месторождение приурочено к верхнему рудному этажу и связано с дифференцированным массивом габродолеритов мощностью 200-250м, залегающим в породах Тунгусской серии пермокарбона. Основная масса сульфидных мідно-нікелевых руд локалізована в области нижнего энто- и экзоконтакта, вкрапленные и массивные руды отмечаются в кровле интрузива. В рудах Талнаха содержится 1,5% никеля, 3% меди, 0,10% кобальта и 11г/т платины и платиноидов.

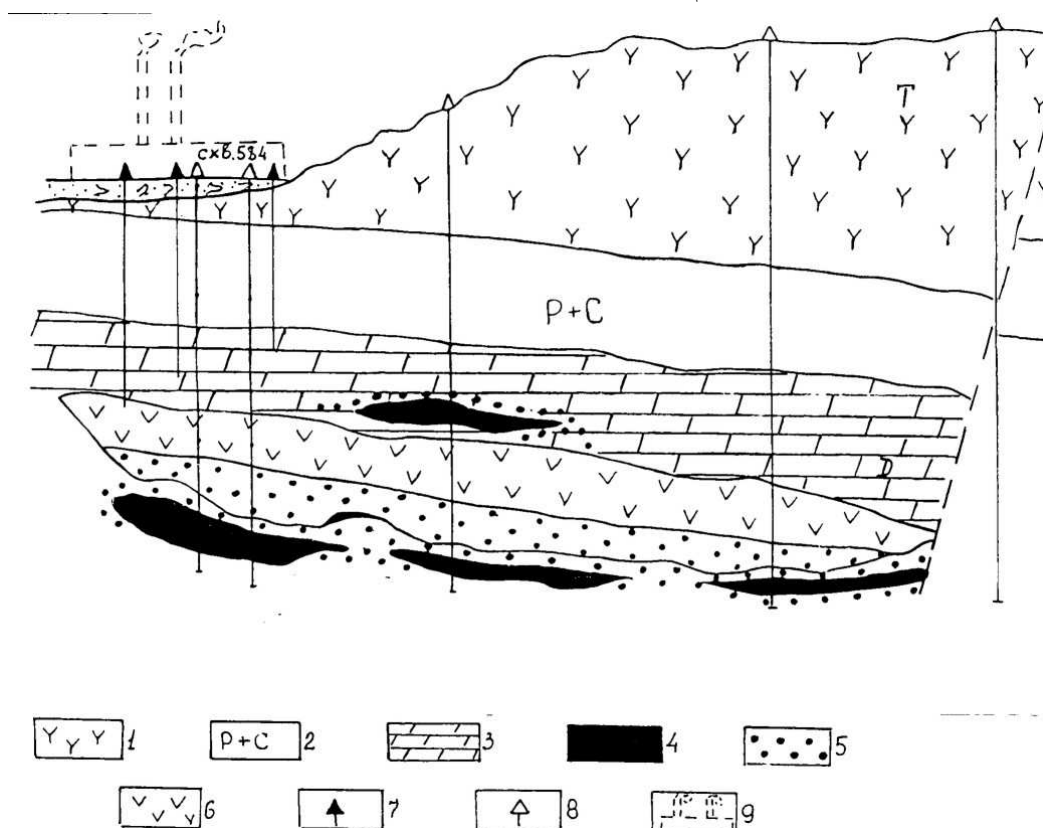
*Октябрское* месторождение расположено в нижнем рудном ярусе. Оно находится в 30км от г.Норильска и было открыто в1965г бывшем главным геологом Норильского горно-металлургического комбината Г.Д.Вареней – выпускником донецкого вуза. На основании геофизических (граві- і магнітометрія) и геологических данных он настоял на перепроверке данных о безрудности площадки начавшего строительства теплоэлектростанции ТЭС-2. Первая же проверочная скважина №584 вскрыла на глубинах 800м и более богатую мідно-нікелевую руду (рис.3.20). Месторождение залегает в толще песчано-глинистых отложений девона и связано с дифференцированным массивом габброидов. Про-

якого відноситься вкраплене зруденіння, складає більше 20 км при ширині до 4 км і потужності 60-300 м. У покрівлі і подошві інтрузиву, а також у вмещаючих осадових породах розміщені поклади багатих сульфідних руд масивної текстури і метасоматичні руди міді. Родовище перекрите вугленосною товщею пермо-карбону і туфо-базальтами тріасу (сибірські трапи). Руди родовища представлені трьома типами:

- рядові вкраплені потужністю 2-140м в інтрузиві
- багаті сульфідні потужністю 0,5-50м, що містять до 52% запасів
- мідисті метасоматичні від 1 до 40м потужності.

тяженність масива, к нижней части которого приурочено вкрапленное оруденение, составляет более 20км при ширине до 4км и мощности 60-300м. В кровле и подошве интрузива, а также вмещающих осадочных породах размещены залежи богатых сульфидных руд массивной текстуры и метасоматические руды меди. Месторождение перекрыто угленосной толщей пермо-карбона и туфо-базальтами триаса (сибирские траппы). Руды месторождения представлены тремя типами:

- рядовые вкрапленные мощностью 2-140м в интрузиве
- богатые сульфидные мощностью 0,5-50м, содержащие до 52% запасов
- медистые метасоматические от 1 до 40м мощности.



Мал. 3.20. Геологічний розріз Октябрського мідно-нікелевого родовища (по Г.Д. Варене):

1 - туфо-базальти Т; 2 - вугленосна товща С-Р; 3 - мергелі, ангідрити D; 4 - багаті руди; 5 - вкраплені руди; 6 - диференційований інтрузив; 7 – свердловина, по якій видан висновок на безрудність у 1964 р; 8 -свердловина повторного огляда площадки на безрудність 1965 р; 9 - контури ТЕЦ.

Рис. 3.20. Геологический разрез Октябрского медно-никелевого месторождения (по Г.Д.Варене): 1 – туффо-базальты Т; 2 – угленосная толща С-Р; 3 – мергели, ангидриты D; 4 – богатые руды; 5 – вкрапленные руды; 6 – дифференцированный интрузив; 7 – скв. по которым выдано заключение на безрудность в 1964г; 8 – скв. перепроверки площадки на безрудность 1965г; 9 – контуры строившейся ТЭЦ.

На родовищі встановлено більше 100 рудних мінералів, найголовнішими з них є піротин, халькопірит, кубаніт і пентландит. У рудах міститься 38 хімічних елементів, з яких 14 здобуваються (Ni, Cu, Co, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Se, Te, S). Вміст нікелю в рудах складає 3,65%, міді – 4,7, кобальту – 0,13, платини і платиноїдів більше 10г/т, високою є концентрація золота і срібла.

За запасами (21 млн.т) і видобутком нікелю, запасами міді (36 млн.т) і платиноїдів Октябрьське родовище значно перевершує своїм масштабом найбільші у світі родовища нікелю Садбери в Канаді і міді Чукикамата в Чилі. Розробляється Октябрьське родовище на глибинах більше 800-1200 м, будучи головним у світі постачальником цінних валютних металів.

Найважливішою рудною провінцією *п'ятиелементної формації* у світовому масштабі й одночасно найбільшим родовищем кобальту є Кобальт в Онтаріо (Канада). Зруденіння там пов'язано з тріщинами відриву. Понад 100 рудних жил, потужність яких відносно невелика (до 30см), утворює густу мережу в породах, причому останні нерідко самі містять вкрапленість рудних мінералів. Мінеральний парагенезис аналогічний родовищам Рудних гір, крім лише урану, який тут відсутній, і вісмут, що міститься в значно менших кількостях. Зруденіння пов'язується з основним магматичним очагом.

*Нікелеві силікатні родовища* світового масштабу розташовані в Новій Каледонії. Третину острова займають палеогенові серпентинізовані перидотити, на яких у сотнях кар'єрів ведеться видобуток нікелевих руд (гарнієрит та ін.). У рудах міститься в середньому близько 3%Ni і

На месторождении установлено более 100 рудных минералов, главнейшими из них являются пирротин, халькопирит, кубанит и пентландит. В рудах содержится 38 химических элементов, из которых 14 извлекаются (Ni, Cu, Co, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Se, Te, S). Содержание никеля в рудах составляет 3,65%, меди – 4,7, кобальта – 0,13, платины и платиноидов более 10г/т, высокой является концентрация золота и серебра.

По запасам (21млн.т) и добыче никеля, запасам меди (36млн.т) и платиноидов Октябрьское месторождение значительно превосходит своим масштабом считавшимися самыми крупными в мире месторождение никеля Садбери в Канаде и месторождение меди Чукикамата в Чили. Разрабатывается Октябрьское месторождение на глубинах более 800-1200м, являясь главным в мире поставщиком ценных валютных металлов.

Важнейшей рудной провинцией *пятиэлементной формации* в мировом масштабе и одновременно крупнейшим месторождением кобальта является Кобальт в Онтаріо (Канада). Оруденение там связано с трещинами отрыва. Свыше 100 рудных жил, мощность которых относительно небольшая (до 30см), образуют густую сеть в породах, причем последние нередко сами содержат вкрапленность рудных минералов. Минеральный парагенезис аналогичен месторождениям Рудных гор, исключая лишь уран, который здесь отсутствует, и висмут, содержащийся в значительно меньших количествах. Оруденение связывается с основным магматическим очагом.

*Никелевые силикатные месторождения* мирового масштаба расположены в Новой Каледонии. Треть острова занимают палеогеновые серпентинизированные перидотиты, на которых в сотнях карьеров ведется добыча никелевых руд (гарниерит и др.). В

2%Co (асболан). Інші великі родовища є на Кубі і Філіппінах.

Родовища силікатних нікелевих руд дуже поширені в Росії, з яких типові гніздо- і пластоподібні рудні поклади в корі вивітрювання ультраосновних порід Уралу. Тут виділяються три основні зони кори вивітрювання: нижня – вилужені серпентиніти (10-30м); середня – нонтронітові глини (0-40м) і верхня – вохристі глини й вохри (від 0 до 30м). Виділяється два типи промислових руд – залізистий і магнезіальний. Залізистий тип руд, що характеризується підвищеним вмістом кобальту (асболан), належить до зони вохр. Магнезіальний тип руд, що відрізняється більше високим вмістом нікелю, характерний для середньої і частково нижньої зон. Нікель входить до складу нонтроніту і гідросилікатів (гарніерит, непуїт, ревдинскіт). Границі рудних покладів проводяться по контурах мінімальних промислових вмістів металів у рудах.

В Україні відомі латеритні родовища силікатного нікелю в Побузькому і Середньо-Придніпровському районах. Побузька група родовищ відноситься до кори вивітрювання ультрабазитів, що мають невеликі розміри. На шести дрібних родовищах рудні тіла плащоподібної форми мають потужність від 3 до 8,7м і залягають на глибинах до 10м. Руди нонтронітові, комплексні нікель-кобальтові, які містять 0,75% нікелю і 0,03-0,05% кобальту, розробляються на даний час відкритим способом і є сировинною базою Побузького заводу.

Важливе значення у світовому видобутку кобальту мають родовища мідистих пісковиків Заїру, Замбії. У цих найбагатших мідних родовищах поряд з рудотворюючими сульфідами міді міститься

рудах содержится в середньому около 3%Ni і 2%Co (асболан). Другі крупні месторождения - на Кубе и Филиппинах.

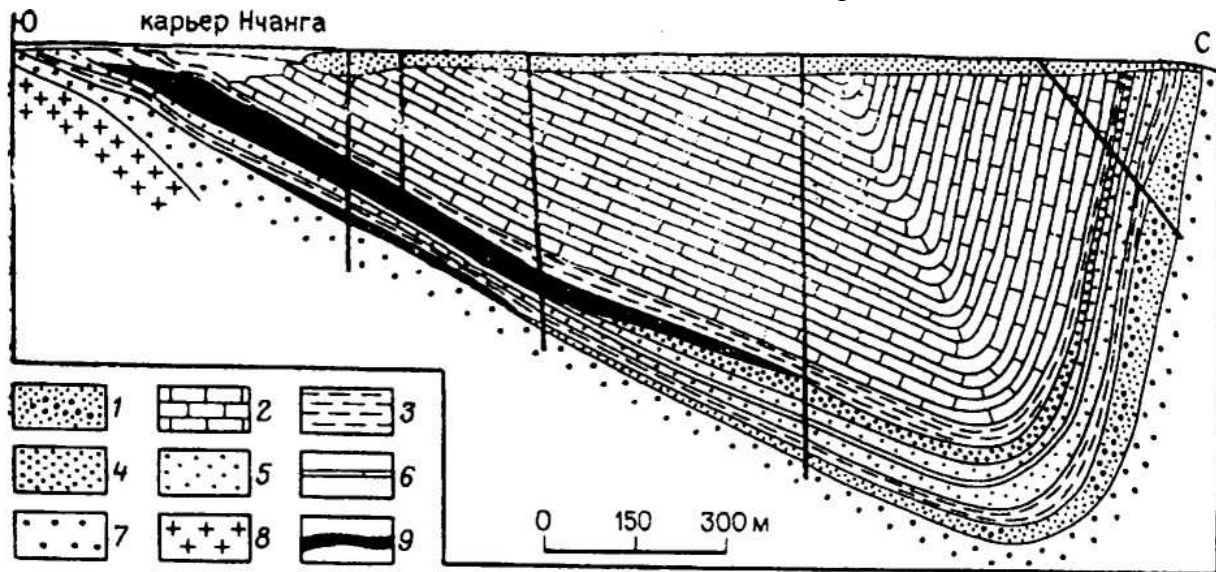
Месторождения силикатных никелевых руд широко распространены в России, из которых типичны гнездо- и пластообразные рудные залежи в коре выветривания ультраосновных пород Урала. Здесь выделяются три основные зоны коры выветривания: нижняя – выщелоченные серпентиниты (10-30м); средняя – нонтронитовые глины (0-40м) и верхняя – охристые глины и охры (от 0 до 30м). Выделяется два типа промышленных руд – железистый и магнезиальный. Железистый тип руд, характеризующийся повышенным содержанием кобальта (асболан), приурочен к зоне охр. Магнезиальный тип руд, отличающийся более высоким содержанием никеля, характерен для средней и частично нижней зон. Никель входит в состав нонтронита и гидросиликатов (гарниерит, непуит, ревдинскит). Границы рудных залежей проводятся по контуру минимальных промышленных содержаний металлов в рудах.

В Украине известны латеритные месторождения силикатного никеля в Побужском и Средне-Приднепровском районах. Побужская группа месторождений приурочена к коре выветривания ультрабазитов, имеющих небольшие размеры. На шести мелких месторождениях рудные тела плащобразной формы имеют мощность от 3 до 8,7м и залегают на глубинах до 10м. Руды нонтронитовые, комплексные никель-кобальтовые, содержащие 0,75% никеля и 0,03-0,05% кобальта. Разрабатываются в настоящее время открытым способом и являются сырьевой базой Побужского завода.

Важное значение в мировой добыче кобальта имеют месторождения мидистых песчаников Заира, Замбии. В этих богатейших медных месторождениях наряду с ру-

кобальт (головним чином у вигляді лінеїту). Хоча вміст кобальту складає всього лише близько 0,5%, як побічний продукт великого видобутку міді витяг його цілком рентабельний. У зоні окислювання вміст металу досягає 3%. Всього в цих рудних районах виробляється приблизно 2/3 світової продукції кобальту (мал. 3.21).

доображуючими сульфидами міді содер- житися кобальт (головним образом в виде линнеита). Хотя содержание кобальта составляет всего лишь около 0,5%, в качестве побочного продукта обширной добычи меди извлечение его вполне рентабельно. В зоне окисления содержание металла достигает 3%. Всего в этих рудных районах производится примерно 2/3 мировой продукции кобальта (рис. 3.21).



Мал. 3.21. Геологічний розріз через синкліналь Нчанга (по Ф. Мендельсону):

- 1 - прошарки уламкового кварцу і поверхневі відкладення; 2 - аргіліти і доломіти;
- 3 - смугасті сланці; 4 - польовошпатові кварцити; 5 - смугасті пісковики;
- 6 - кварцити і кремністі сланці; 7 - аркози; 8 - граніти; 9 - рудні тіла.

Рис. 3.21. Геологический разрез через синкліналь Нчанга (по Ф. Мендельсону):

- 1 - слои обломочного кварца и поверхностные отложения; 2 - аргиллиты и доломиты;
- 3 - полосчатые сланцы; 4 - полевошпатовые кварциты; 5 - полосчатые песчаники;
- 6 - кварциты и кремнистые сланцы; 7 - аркозы; 8 - граниты; 9 - рудные тела.

### 3.3.5 Олово

Олово є одним з найдавніших використуваних людиною металів. У середні віка олово головним чином добувалося на території графства Корнуелл (Англія) і в Рудних Горах. На даний час до 32% олова використовується для виготовлення білої жерсті в консервній промисловості, 51% йде для виробництва сплавів (підшипникового, типографського, бронзи і латуні) і припаїв. Частина олова (15%) застосовується, крім того, у хімії та інших галузях промисловості. Олово до-

### 3.3.5 Олово

Олово является одним из древнейших используемых человеком металлов. В средние века олово главным образом добывалось на территории графства Корнуэлл (Англия) и в Рудных горах. В настоящее время до 32% олова используется для изготовления белой жести в консервной промышленности, 51% идет для производства сплавов (подшипникового, типографского, бронзы и латуни) и припаяев. Часть олова (15%) применяется, кроме того, в химии и других отраслях промышленности. Олово

бувають з олов'яних і комплексних руд. Загальні його запаси оцінюються в 90млн.т, у тому числі розвідані складають більше 7млн.т. Більше 50% олова добувається з розсипових родовищ, у яких вміст каситериту складає в середньому 200-800г/м<sup>3</sup>.

Унікальні корінні родовища олова мають запаси більше 100тис.т, великі і середні – до 5тис.т, дрібні – менше 5тис.т. Щорічне виробництво олова в концентраті (60-70% олова) коливається від 200 до 166тис.т. Ціна 1т рафінованого олова складала в 2000р. 5тис.\$, у 2004р. вона зросла до 7005\$. Найбільшими у світі запасами олова володіє КНР, що експортувала в 1999р. 65тис.т олова. Великі родовища олова розташовані в Індонезії, Перу, Бразилії, Болівії, Австралії, Росії.

Кларк олова –  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ . Ендогенні промислові концентрації олова пов'язані з кислими виверженими породами. Олово виноситься з магматичних порід гідротермальними лужними розчинами у формі високолетучих галоїдних з'єднань, що дають початок каситериту ( $\text{SnO}_2$ , 79% олова) і станину ( $\text{Cu}_2\text{FeSn}_4$ , 27,7%) – найважливішим рудним мінералам олова. Мінімальний промисловий вміст для масивних каситеритових родовищ (без сульфідів) складає приблизно 0,15% олова. Для комплексних сульфідно-окисних руд нижня границя промислового відпрацювання досягає 0,5-1% олова, тому що їхнє збагачення є більше важким (флотаційне відділення від окислів неповне). Шкідливими компонентами в олов'яній руді є Bi, Cu, Sb і As.

Ендогенні родовища олова мають головним чином постмагматичні походження і пов'язані з кислими гранітами, локалізуючись переважно в екзоконтактах у зонах грейзенізації чи скарнування

извлекают из оловянных и комплексных руд. Общие его запасы оцениваются в 90млн.т, в том числе разведанные составляют более 7млн.т. Более 50% олова добывается из россыпных месторождений, в которых содержание каситерита составляет в среднем 200-800г/м<sup>3</sup>.

Уникальные коренные месторождения олова имеют запасы более 100тыс.т, крупные и средние – до 5тыс.т, мелкие – менее 5тыс.т. Ежегодное производство олова в концентрате (60-70% олова) колеблется от 200 до 166тыс.т. Цена 1т рафинированного олова составляла в 2000г 5тыс. долларов, в 2004г она возросла до 7005 долларов. Самыми большими в мире запасами олова обладает КНР, экспортировавшая в 1999г 65тыс.т олова. Крупные месторождения олова расположены в Индонезии, Перу, Бразилии, Боливии, Австралии, России.

Кларк олова –  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ . Эндогенные промышленные концентрации олова связаны с кислыми изверженными породами. Олово выносится из магматических очагов гидротермальными щелочными растворами в форме высоколетучих галоидных соединений, дающих начало каситериту ( $\text{SnO}_2$ , 79% олова) и станину ( $\text{Cu}_2\text{FeSn}_4$ , 27,7%) – важнейшим рудным минералам олова. Минимальное промышленное содержание для массивных каситеритовых месторождений (без сульфидов) составляют примерно 0,15% олова. Для комплексных сульфидно-окисных руд нижняя граница промышленной отработки достигает 0,5-1% олова, так как их обогащение является более трудным (флотационное отделение от окислов неполное). Вредными компонентами в оловянной руде являются Bi, Cu, Sb и As.

Эндогенные месторождения олова имеют главным образом постмагматическое происхождение и связаны с кислыми гранитами, локализуясь преимущественно в экзо-

у вигляді вкраплених руд чи жил. За мінеральним складом можна виділити кілька парагенезисів олова: кварц-полевошпатовий тип (іноді в пегматитах), кварц-топазовий і кварц-слюдистий тип (головним чином у гідротермальних жилах), а також кварц-хлоритовий тип (у скарнах).

*Родовище Альтенберг* у Рудних Горах характерне тим, що гранітний штوك впровадився в кварцовий порфір Теплице і гранітофіри, верхні сводові частини яких майже без залишку перетворені в щільне грейзенове тіло, що йде на глибину приблизно до 250м. Грейзен представляє собою кварц-слюдисто-топазову породу сірувато-зеленуватого кольору завдяки наявності літєвого біотиту. У грейзеновому штоці велися інтенсивні гірські роботи, починаючи з 1458 року (до 90 дрібних цехів). У 1620 році внаслідок взаємного підробітку відбулося обвалення гірської маси - виникла так звана Альтенбергська воронка, де до кінця 20 ст. продовжувалися підземні розробки руд. Головним рудним мінералом є каситерит, що утворює тонку вкрапленість (середній вміст олова близько 0,3%). Крім каситериту зустрічаються також мінерали наступної мінеральної фази (самородний вісмут, сульфід, гематит).

На території Чехії розташовувалися два важливих у генетичному відношенні родовища олова – Гора Славков і Циновец - нині відпрацьовані.

Найбільші оловорудні гідротермальні родовища відомі в Росії (Пиркакайське на Чукотці і Депутатське в Якутії), Казахстані та інших місцях. Вони утворюють великі рудні пояси, пов'язані з гранітними масивами в межах витягнутих центральних піднятих геосинклінальних (орогенних) областей. Такого роду рудні

контактах в зонах грейзенизації или скарнирования в виде вкрапленных руд или жил. По минеральному составу можно выделить несколько парагенезисов олова: кварц-полевошпатовый тип (иногда в пегматитах), кварц-топазовый и кварц-слюдистый тип (главным образом в гидротермальных жилах), а также кварц-хлоритовый тип (в скарнах).

*Месторождение Альтенберг* в Рудных Горах характерно тем, что гранитный штук внедрился в кварцевый порфир Теплице и гранитофиры, верхние сводовые части которых почти без остатка превращены в плотное грейзеновое тело, уходящее на глубину примерно до 250м. Грейзен представляет собой кварц-слюдисто-топазовую породу серовато-зеленоватого цвета благодаря наличию литиевого биотита. В грейзеновом штоке велись интенсивные горные работы, начиная с 1458 года (до 90 мелких цехов). В 1620 году вследствие взаимной подработки произошло обрушение горной массы - возникла так называемая Альтенбергская воронка, где до конца 20 в. продолжались подземные разработки руд. Главным рудным минералом является каситерит, образующий тонкую вкрапленность (среднее содержание олова около 0,3%). Помимо каситерита встречаются также минералы последующей минеральной фазы (самородный висмут, сульфиды, гематит).

На территории Чехии располагались два важных в генетическом отношении месторождения олова – Гора Славков и Циновец, ныне отработанные.

Крупнейшие оловорудные гидротермальные месторождения известны в России (Пиркакайское на Чукотке и Депутатское в Якутии), Казахстане и других местах. Они образуют крупные рудные пояса, связанные с гранитными массивами в пределах вытянутых центральных поднятий геосинкли-



пояси відомі, наприклад, у центральному і східному Казахстані (герцинський вік), у Забайкаллі і Примор'ї (кіммерійські), а також у Магаданській області. Важливими в промисловому відношенні є також родовища Австралії, Тасманії і Новій Зеландії.

У порівнянні з грейзеновими і жильними родовищами олова оловорудні скарни більше рідкі. Серед них варто назвати родовища Питкяранта і Кітеля в Карелії, а також дрібні родовища Забайкалля і на Кавказі. Невеликі родовища олова є в Рудних горах, у Тоскані (Італія), на півострові Сьюард (Аляска) і в Намібії. Найбільше скарнове родовище олова розташовується на о. Перак (Малайзія). Олов'яне зруденіння в скарнах, як правило, пристосовується до великих зон розривів. Для рудних зон крім карбонатно-силікатних парагенезисів характерні також окисли (магнетит, гематит) і сульфіди (пірит, піротин, халькопірит, сфалерит, галеніт та ін.).

Однією з найбільших оловорудних провінцій світу є південний схід Азії. Тут, у межах молодих гірських ланцюгів, що просліджуються на 3000км від Китаю до Індонезії, зустрічаються юрські і крейдові оловоносні граніти. Зруденіння у вигляді жил, зон вкрапленості, грейзенових і контактено-метасоматичних утворень тісно пов'язано з цими гранітами. Більшість родовищ, у тому числі найбільше багатих, розташовуються в провінції Юннань (КНР), на півострові на Малака (Малайзія), на островах Бангках і Белитунг (Індонезія). Велика частина світової продукції олова приходить на цю провінцію. Гідротермальний характер мають олов'яні родовища Перу, Бразилії і Болівії, що представляють другу найважливішу оловорудну провінцію Землі (бі-

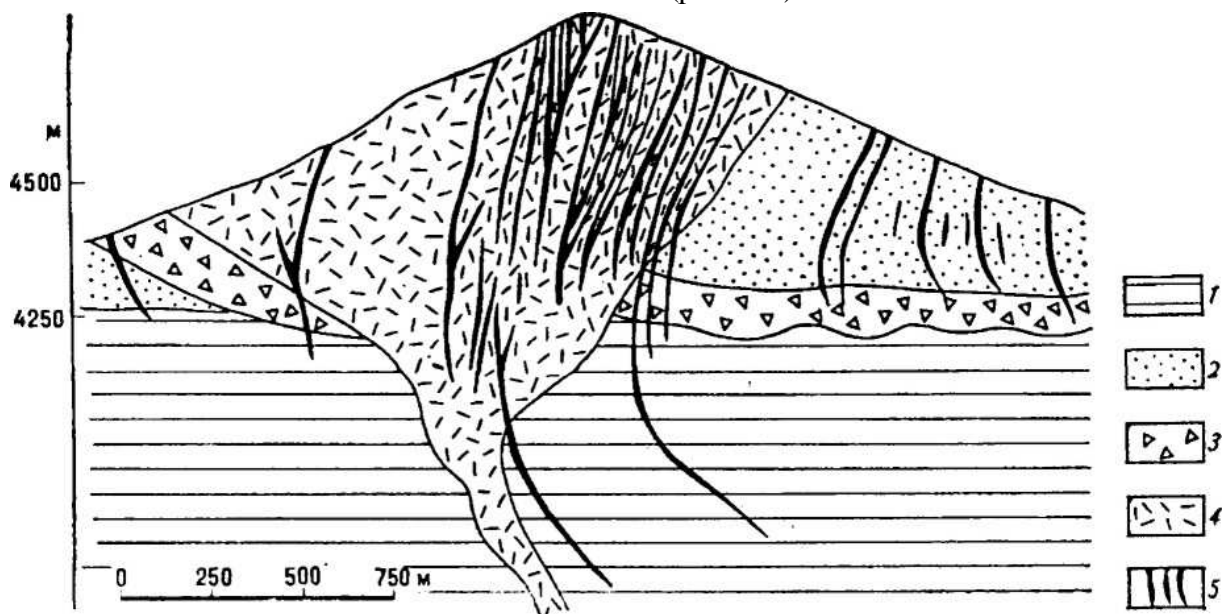
нальних (орогенних) областей. Такого рода рудные пояса известны, например, в центральном и восточном Казахстане (герцинский возраст), в Забайкалье и Приморье (киммерийские), а также в Магаданской области. Важными в промышленном отношении являются также месторождения Австралии, Тасмании и Новой Зеландии.

По сравнению с грейзеновыми и жильными месторождениями олова оловорудные скарны более редки. Среди них следует назвать месторождения Питкяранта и Кителя в Карелии, а также мелкие месторождения Забайкалья и на Кавказе. Небольшие месторождения олова имеются в Рудных горах, в Тоскане (Италия), на полуострове Сьюард (Аляска) и в Намибии. Крупнейшее скарновое месторождение олова располагается на о. Перак (Малайзия). Оловянное оруденение в скарнах обычно приурочивается к крупным зонам разрывов. Для рудных зон помимо карбонатно-силикатных парагенезисов характерны также окислы (магнетит, гематит) и сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит и другие).

Одной из крупнейших оловорудных провинций мира является юго-восток Азии. Здесь, в пределах молодых горных цепей, которые прослеживаются на 3000км от Китая до Индонезии, встречаются юрские и меловые оловоносные граниты. Оруденение в виде жил, зон вкрапленности, грейзеновых и контактено-метасоматических образований тесно связано с этими гранитами. Большинство месторождений, в том числе наиболее богатых, располагаются в провинции Юннань (КНР), на полуострове на Малака (Малайзия), на островах Бангках и Белитунг (Индонезия). Большая часть мировой продукции олова приходится на эту провинцию. Гидротермальний характер имеют оловянные месторождения Перу,

льше 25% світового видобутку). Тут рудні жили нерідко безпосередньо сполучені з вулканічними еруптивними жерлами. Мінеральний склад відбиває накладення процесів і відрізняється своєрідним парагенезисом пневматолітового і високотемпературного гідротермального касситериту (голкоподібні кристали), середньо- і низькотемпературних сульфідів, самородного срібла і вісмуту. Значними родовищами тут є Ла Пас, Оуро, Потосі та інші (мал.3.22).

Бразилії і Болівії, которые представляють вторую важнейшую оловорудную провинцию Земли (более 25% мировой добычи). Здесь рудные жили нередко непосредственно сопряжены с вулканическими эруптивными жерлами. Минеральный состав отражает наложение процессов и отличается своеобразным парагенезисом пневматолитового и высокотемпературного гидротермального касситерита (игловидные кристаллы), средне- и низкотемпературных сульфидов, самородного серебра и висмута. Значительными месторождениями здесь являются Ла Пас, Оуро, Потоси и другие (рис.3.22).



Мал. 3.22. Геологічний розріз родовища Потосі, Болівія (по Х. Мурильо):

1 - сланці ордовіка; 2 - вулканогенно-осадові породи третинного віку; 3 - вулканічні брекчії (ігнімбрити); 4 - ріоліто-дацити, андезити-дацити; 5 - рудні жили.

Рис. 3.22. Геологический разрез месторождения Потоси, Боливия (по Х.Мурильо):

1 - сланцы ордовика; 2 - вулканогенно-осадочные породы третичного возраста; 3 - вулканические брекчии (игнимбриты); 4 - риолито-дациты, андезити-дациты; 5 - рудные жили.

Касситерит може зустрічається у вигляді підводного, ймовірно, вулканогенно-осадочного утворення, пов'язаного з геосинклінальним магматизмом. Так, наприклад, сульфідне зруденіння (переважно пірит) з касситеритом (іноді у вигляді коломорфних виділень) виявлене в амфіболітових порфіроїдних породах докембрійського кристалічного фундаменту

Касситерит может встречаться в виде подводного, вероятно, вулканогенно-осадочного образования, связанного с геосинклиальным магматизмом. Так, например, сульфидное оруденение (преимущественно пирит) с касситеритом (иногда в виде коломорфных выделений) обнаружено в амфиболитовых порфиroidных породах докембрийского кристаллического

Рудних гір. Подібним є родовище Нове місце в Західних Судетах, де стратиформні рудні горизонти простежені від Чехії до Польщі.

При вивітрюванні каситерит часто накопичується в розсипових родовищах завдяки своїй високій стійкості і великій щільності. Елювіальні й алювіальні розсипи утворюються в околицях майже всіх первинних родовищ олова. Так, великі розробки розсипів розроблювалися в Рудних горах. На даний час дуже великі промислові розсипи олова розташовуються в Бразилії, а також у районах відомих родовищ південно-східної Азії (особливо в КНР, де 75% олова зосереджено в розсипах, на о.Бангка і Белитунг в Індонезії, у Малайзії), а також – Африці (Нігерія, Заір та ін.). Найбільшими є родовища Гецзю (КНР) з 400тис.т олова при середньому вмісті каситериту  $0,5\text{кг}/\text{м}^3$  і о. Бангка, де 420тис.т олова із вмістом каситериту  $0,3\text{кг}/\text{м}^3$ . Запаси розсипових родовищ Бразилії складають 500тис.т при середньому вмісті каситериту  $1,4\text{кг}/\text{м}^3$ .

### 3.3.6 Вольфрам

Вольфрам вперше виділений у 1801р., промислове використання для легування сталі почалося наприкінці XIXст. Це найбільш тугоплавкий метал (температура плавлення близько  $3400^{\circ}\text{C}$ ); при температурі  $1600^{\circ}\text{C}$  він добре кується і витягається в тонку міцну нитку, має високу хімічну стійкість. Вольфрам утворює сплави з металами (Fe, Ni, Co, Mo, V, Cu, Cr, Ag та ін.), сполука з вуглецем (карбіди) і з бором (бориди), що мають високу твердість. Близько 70% щорічно виробленого вольфраму використовується у формі карбіду вольфраму для надтвердих сплавів.

фундамента Рудних гор. Подобным является месторождение Нове Место в Западных Судетах, где стратиформные рудные горизонты прослежены от Чехии до Польши.

При выветривании касситерит часто накапливается в россыпных месторождениях благодаря своей высокой устойчивости и большой плотности. Элювиальные и алювиальные россыпи образуются в окрестностях почти всех первичных месторождений олова. Так обширные разработки россыпей производились в Рудных горах. В настоящее время очень крупные промышленные россыпи олова располагаются в Бразилии, а также в районах известных месторождений юго-восточной Азии (особенно в КНР, где 75% олова сосредоточено в россыпях, на о.Бангка и Белитунг в Индонезии, в Малайзии), а также – Африке (Нигерия, Заир и другие). Крупнейшими являются месторождения Гэцзю (КНР) с 400тыс.т олова при среднем содержании касситерита  $0,5\text{кг}/\text{м}^3$  и о.Бангка, где 420тыс.т олова с содержанием касситерита  $0,3\text{кг}/\text{м}^3$ . Запасы россыпных месторождений Бразилии составляют 500тыс.т при среднем содержании касситерита  $1,4\text{кг}/\text{м}^3$ .

### 3.3.6 Вольфрам

Вольфрам впервые выделен в 1801г, промышленное использование для легирования стали началось в конце XIXв. Это самый тугоплавкий металл (температура плавления около  $3400^{\circ}\text{C}$ ); при температуре  $1600^{\circ}\text{C}$  он хорошо куется и вытягивается в тонкую прочную нить, обладает высокой химической стойкостью. Вольфрам образует сплавы с металлами (Fe, Ni, Co, Mo, V, Cu, Cr, Ag и др.), соединения с углеродом (карбиды) и с бором (бориды), обладающие высокой твердостью. Около 70% ежегодно производимого вольфрама используется в форме карбида вольфрама для сверхтвер-

Добавка вольфраму до сталі підвищує міцність і твердість металу, його жаростійкість і поліпшує антикорозійні властивості. Металевий вольфрам широко використовується в електротехніці, радіотехніці й у медицині. Загальні запаси вольфраму оцінюються більше 7млн.т, потреба в ньому в 1998р. склала 42тис.т. Ціна 1кг вольфраму на Ротердамській біржі наприкінці ХХст. склала від 6,1 до 8,0\$. Найбільше великі запаси знаходяться в КНР, Казахстані, Канаді, Болівії, Південній Кореї, Португалії, Росії, США.

Із природних руд вольфраму шляхом гравітаційного чи флотаційного збагачення одержують концентрати, що містять від 55 до 70%  $WO_3$ , і надалі переробляються з одержанням ферровольфраму, твердих сплавів чи металевого вольфраму. Мінімальний промисловий вміст вольфраму в рудах 0,1-0,5%, як правило розробляються руди, що містять 1-3%  $WO_3$ . Найбільше великим виробником концентратів вольфраму є КНР (25тис.т з 30тис.т світу).

Кларк вольфраму складає  $1,3 \cdot 10^{-4}\%$ . Цей елемент концентрується в кислих магмах і родовища його розміщуються в ореолі постмагматичних утворень інтрузій гранітоїдів.

*Контактово-метасоматичні (скарнові)* родовища вольфраму формуються в зонах контакту інтрузій гранітоїдів у карбонатних породах. Тут рудоутворюючим є шееліт, що часто асоціюється з молибденітом, іноді самородним вісмутом, золотом. Якість руд (ступінь збагачення) погіршується наявністю в парагенезисі магнетиту, сульфідів міді, цинку, свинцю та інших мінералів. Найбільше великі родовища даної групи знаходяться в П.Кореї (Сангдонг), Узбекистані (Інгичке та ін.), Канаді (Флат-Рівер), Бразилії (Ріо-

дых сплавов. Добавка вольфрама к стали повышает прочность и твердость металла, его жаростойкость и улучшает антикоррозионные свойства. Металлический вольфрам широко используется в электротехнике, радиотехнике и в медицине. Общие запасы вольфрама оцениваются более 7млн.т потребность в нем в 1998г составила 42тыс.т. Цена 1кг вольфрама на Ротердамской бирже в конце ХХв. составила 6,1 - 8,0\$. Наиболее крупные запасы находятся в КНР, Казахстане, Канаде, Боливии, Южной Кореи, Португалии, России, США.

Из природных руд вольфрама путем гравитационного или флотационного обогащения получают концентраты, содержащие от 55 до 70%  $WO_3$ , которые в дальнейшем перерабатываются с получением ферровольфрама, твердых сплавов или металлического вольфрама. Минимальное промышленное содержание вольфрама в рудах 0,1-0,5%, обычно разрабатываются руды, содержащие 1-3%  $WO_3$ . Наиболее крупным производителем концентратов вольфрама является КНР (25тыс.т из 30тыс.т мира).

Кларк вольфрама составляет  $1,3 \cdot 10^{-4}\%$ . Этот элемент концентрируется в кислых магмах и месторождения его размещаются в ореоле постмагматических образований интрузий гранитоидов.

*Контактово-метасоматические (скарновые)* месторождения вольфрама формируются в зонах контакта интрузий гранитоидов в карбонатных породах. Здесь рудообразующим является шеелит, часто ассоциирующийся с молибденитом, иногда самородным висмутом, золотом. Качество руд (степень обогатимости) ухудшается наличием в парагенезисе магнетита, сульфидов меди, цинка, свинца и других минералов. Наиболее крупные месторождения данной группы находятся в Ю.Кореи (Сангдонг), Узбекистане (Ингичке и др.), Канаде

Грапе), Австралії (Кинг-Айленд), Росії (Тирниауз на Кавкаїз, Схід Примор'я та ін.). Родовища цієї групи мають важливе промислове значення (32% видобутку), у них знаходиться 25% світових запасів вольфраму.

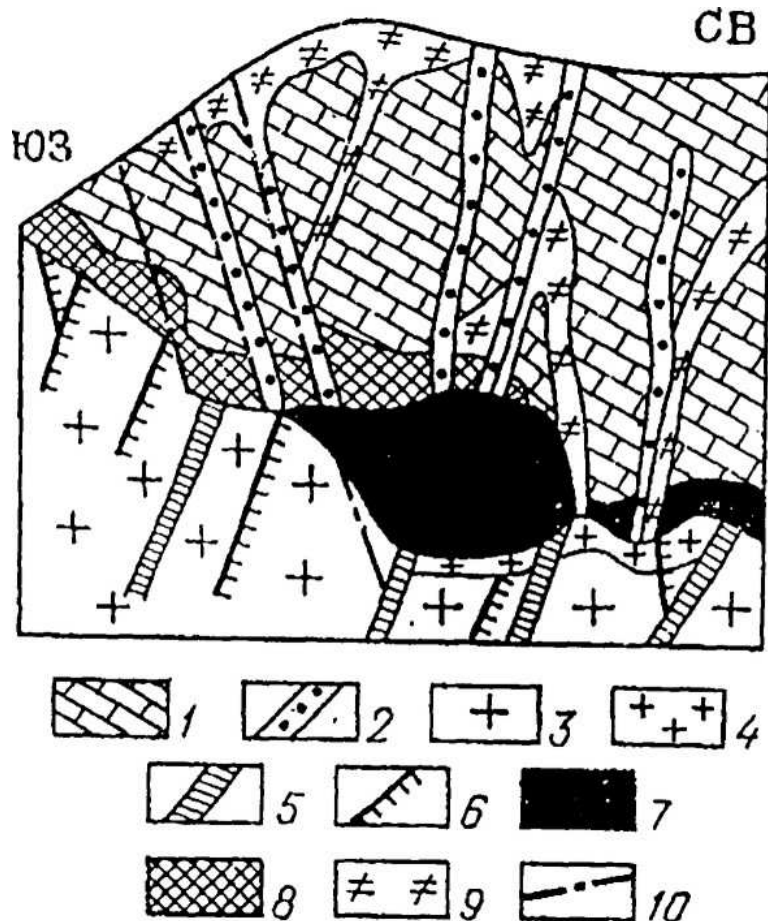
*Шеелітове родовище Ингичке* знаходиться в Узбекистані у Зеравшанському хребті. Основна маса скарнів утворилася в приконтатній зоні інтрузії гранітоїдів із мармурованими вапняками в областях мульдоподібних знижень поверхні інтрузиву (мал.3.23). Причому інтенсивність як власне контактово-метасоматичного процесу, так і накладеної кварцево-шеелітової мінералізації, залежали від ступеня тріщинуватості в блоках вапняків. Морфологічно виділяються згодні приконтаткові пластоподібні і штокверкові тіла і січні кварцові жили чи апофізи скарнів по шаруватості вапняків. Потужність згодних тіл у середньому від 0,4 до 1,0м (до 25м). Січні мають потужність 0,6-0,8м. Розподіл шееліта в рудних тілах нерівномірний.

*Грейзенові родовища* містять до 60% запасів вольфраму в штокверкових і жильних кварц-вольфрамітових тілах. Тут вольфрам, головним чином у вигляді вольфраміту, і частково шееліту асоціюється з кварцом, топазом, апатитом, мусковітом, молібденітом, каситеритом, арсенопіритом, піротином, сфалеритом та іншими сульфідами. Мінеральний склад цих родовищ різний, але завжди руди комплексні, нерідко в зміні складу руд спостерігається вертикальна зональність: верхні горизонти збагачені каситеритом і вісмутином, середні – вольфрамітом і глибинні – молібденітом.

(Флат-Ривер), Бразилії (Рио-Грапе), Австралії (Кинг-Айленд), Росії (Тырныауз на Кавказе, Восток в Приморье и др.). Месторождения этой группы имеют важное промышленное значение (32% добычи), в них находится 25% мировых запасов вольфрама.

*Шеелитовое месторождение Ингичке* находится в Узбекистане в отрогах Зеравшанского хребта. Основная масса скарнов образовалась в приконтатной зоне интрузии гранитоидов с мраморизованными известняками в областях мульдообразных понижений поверхности интрузива (рис. 3.23). Причем интенсивность как собственно контактово-метасоматического процесса, так и наложившейся кварцево-шеелитовой минерализации, зависели от степени трещиноватости в блоках известняков. Морфологически выделяются согласные приконтатковые пластообразные и штокверковые тела и секущие кварцевые жилы или апофизы скарнов по слоистости известняков. Мощность согласных тел в среднем от 0,4 до 1,0м (до 25м). Секущие имеют мощность 0,6-0,8м. Распределение шеелита в рудных телах неравномерное.

*Грейзеновые месторождения* содержат до 60% запасов вольфрама в штокверковых и жильных кварц-вольфрамитовых тел. Здесь вольфрам, главным образом в виде вольфрамита, и частично шеелита ассоциируется с кварцем, топазом, апатитом, мусковітом, молибденитом, касситеритом, арсенопіритом, пирротином, сфалеритом и другими сульфидами. Минеральный состав этих месторождений различен, но всегда руды комплексные, нередко в изменении состава руд наблюдается вертикальная зональность: верхние горизонты обогащены касситеритом и висмутином, средние – вольфрамітом и глубинные – молибденитом.



Мал. 3.23. Схематичний геологічний розріз родовища Інгічке (по Т.В. Буткевичу):

1 - мармуризовані вапняки силурійські; 2-4 - магматичні породи мезозойські:  
2-дайки лампрофірів, 3-біотитові граніти, 4-лейкократові граніти; 5 - зони гідротермально змінених  
гранітів; 6 - кварц-шеелітові жили; 7 - скарни; 8 - брекчіювані, окварцьовані і змінені скарни;  
9 - доломітизовані вапняки; 10 - розривні порушення.

Рис. 3.23. Схематический геологический разрез месторождения Ингичке (по Т.В.Буткевичу):

1 – мраморизованные известняки силурийские; 2-4 – магматические породы мезозойские:  
2-дайки лампрофиров, 3-биотитовые граниты, 4-лейкократовые граниты; 5 – зоны гидротермально  
измененных гранитов; 6 – кварц-шеелитовые жилы; 7 – скарны; 8 – брекчированные, окварцован-  
ные и измененные скарны; 9 – доломитизированные известняки; 10 – разрывные нарушения.

Найбільше значні родовища вольфраміту в грейзенах відомі на півдні КНР (Сихуашань), у Росії (Спокойнинське), Монголії (Югодзир), Німеччині і Чехії (Циннвальд, Крупка), Австралії (Вольфрам Кемп), Казахстані (Акчатау).

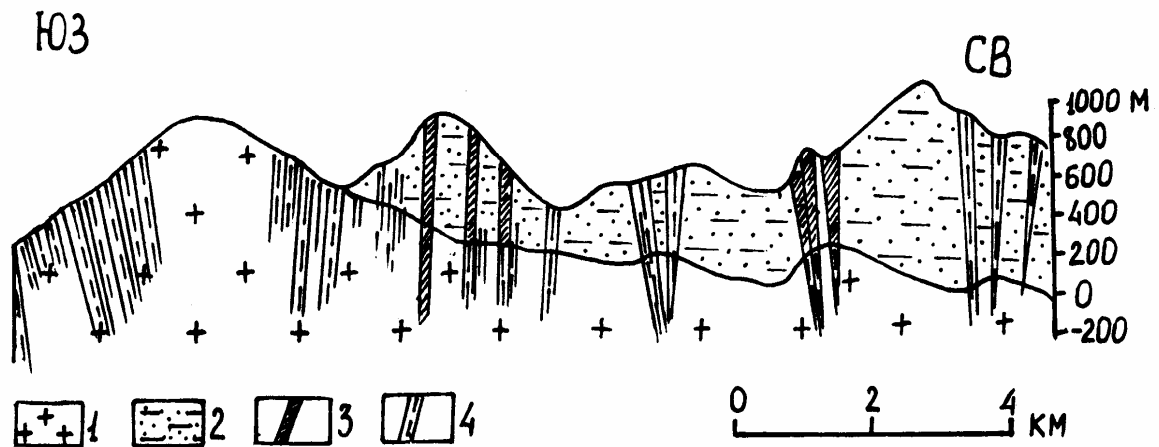
Родовище Сихуашань у провінції Цзянси на півдні КНР унікальне за своїми запасами і забезпечує річний видобуток концентрату вольфраму, що перевищує весь видобуток капіталістичних країн. Район родовища складений осадовими породами силуру, кембрію й ордовіка,

Наиболее значительные месторождения вольфрамита в грейзенах известны на юге КНР (Сихуашань), в России (Спокойнинское), Монголии (Югодзир), Германии и Чехии (Циннвальд, Крупка), Австралии (Вольфрам Кемп), Казахстане (Акчатау).

Месторождение Сихуашань в провинции Цзянси на юге КНР уникально по своим запасам и обеспечивает годовую добычу концентрата вольфрама, превышающую всю добычу капиталистических стран. Район месторождения сложен оса-

вони зм'яті в складки і прорвані гранітами Яньшанського етапу активізації ( $I_3-K_1$ ). Зруденіння зв'язане зі штоком гранітів овальної форми субмеридіонального простягання розміром 7x5,5км. Руди належать до апікальних частин гранітного плутону і простежені на глибину 800м. Виявлено більше 300 крутопадаючих кварц-вольфрамових жил, і ще більше жильних рудних зон, розташованих у екзо- і ендоконтактах грейзенізованих гранітів і осадових порід. По простягання жили простежені до 500-1200м, маючи потужність до 3,6м. Вміст  $WO_3$  у жилах і жильних зонах від 0,5 до 1% і більше. На родовищі виявлено 66 мінералів, головними з них є вольфраміт, каситерит, молібденіт, берил, шееліт, сульфіді міді, свинцю, цинку та інші мінерали (мал.3.24).

дочними породами синія, кембрія и ордовика, смятыми в складки и прорванными гранитами Яньшаньского этапа активизации ( $I_3-K_1$ ). Оруденение связано со штоком гранитов овальной формы субмеридионального простирания размером 7x5,5км. Руды приурочены к апикальным частям гранитного плутона и прослежены на глубину 800м. выявлено более 300 крутопадающих кварц-вольфрамовых жил, и еще больше жильных рудных зон, расположенных в экзо- и эндоконтактах грейзенизированных гранитов и перекрывающих осадочных пород. По простиранию жилы прослежены до 500-1200м, имея мощность до 3,6м. Содержание  $WO_3$  в жилах и жильных зонах от 0,5 до 1% и более. На месторождении выявлено 66 минералов, главными из них являются вольфрамит, касситерит, молибденит, берилл, шеелит, сульфиды меди, свинца, цинка и другие минералы (рис.3.24).



Мал. 3.24. Геологічний розріз родовища Сіхуаньшань:

1 – ранні яньшанські граніти; 2 – кембрійські осадові породи; 3 - ниточні і тонкі жили  $W-SiO_2$  руд; 4 - тонкі і великі жили.

Рис. 3.24. Разрез месторождения Сихуаньшань:

1 - ранние яньшаньские граниты; 2 - кембрийские осадочные породы; 3 - ниточные и тонкие жили  $W-SiO_2$  руд; 4 - тонкие и крупные жили.

*Гідротермальні плутоногенні родовища* вольфрамових руд, як правило, мають складний мінеральний склад і високі вмісти в них корисних компонентів. По складу руд серед цих родовищ виді-

*Гідротермальні плутоногенні родовища* вольфрамових руд обычно имеют сложный минеральный состав и высокие содержания в них полезных компонентов. По составу руд среди этих место-

ляють: кварц-касситерит-вольфрамітові; кварц-вольфраміт-гюбнеритові; кварц-шеелітові, кварц-сульфідно-вольфрамітові і кіновар-антимоніт-вольфрамітові. У родовищах виявляють як окремі жили довжиною в сотні метрів при потужності 0,5-1,5-2,0м, так і дрібні жильні тіла (Панаскуейра в Португалії, Корнуол в Англії, Акцессион у Болівії, Джидинське в Забайкаллі, ряд родовищ у США, Перу, Аргентині, Монголії). Значення цих родовищ в економіці руд вольфраму дуже істотно, незважаючи на відносно складні, як правило, умови відпрацювання (мала потужність рудних жил і відособленість їхнього залягання).

*Джидинське рудне поле* представляє собою групу корінних і розсипових родовищ: Первомайське молибденове, Инкурське штокверкове, Холтосонське жильне вольфрамове і ряд ділянок розсипових утворень. Уся ця група родовищ знаходиться в області мезозойської тектономагматичної активізації палеозойських комплексів Забайкалля.

У будові Джидинського рудного поля беруть участь осадово-вулканогенні й інтрузивні тіла. Инкурське родовище представляє собою типовий штокверк, складений мережею крутопадаючих малопотужних кварцових, кварц-польовошпатових, кварц-мусковитових прожилков із сульфідами, гюбнеритом і шеелітом, віднесених до зон дроблення у кварцових діоритах.

*Стратиформні родовища* вольфраму виділення в 70 рр. ХХст., коли з'явилися численні дані про своєрідні родовища, що не мають зв'язків з гранітоїдами. В утворенні стратиформних вольфрамових і вольфрам-рідкіснометальних родовищ дослідники виділяють осадово-діагенетичний і гідротермально-постмагмати-

рождений виділяють: кварц-касситерит-вольфрамитовые; кварц-вольфрамит-гюбнеритовые; кварц-шеелитовые, кварц-сульфідно-вольфрамитовые и киноварь-антимонит-вольфрамитовые. В месторождениях выявляются как отдельные жилы протяженностью в сотни метров при мощности 0,5-1,5-2,0м, так и мелкие жильные тела (Панаскуэйра в Португалии, Корнуол в Англии, Акцессион в Боливии, Джидинское в Забайкалье, ряд месторождений в США, Перу, Аргентине, Монголии). Значение этих месторождений в экономике руд вольфрама весьма существенно, несмотря на относительно сложные, как правило, условия отработки (малая мощность рудных жил и обособленность их залегания).

*Джидинское рудное поле* представляет собой группу коренных и россыпных месторождений: Первомайское молибденовое, Инкурское штокверковое, Холтосонское жильное вольфрамовое и ряд участков россыпных образований. Вся эта группа месторождений находится в области мезозойской тектономагматической активизации палеозойских комплексов Забайкалья.

В строении Джидинского рудного поля участвуют осадочно-вулканогенные и интрузивные тела. Инкурское месторождение представляет собой типичный штокверк, сложенный сетью крутопадающих маломощных кварцевых, кварц-полевошпатовых, кварц-мусковитовых прожилков с сульфидами, гюбнеритом и шеелитом, приуроченных к зонам дробления в кварцевых диоритах.

*Стратиформные месторождения* вольфрама выделены в 70<sup>х</sup> годах ХХв, когда появились многочисленные данные о своеобразных месторождениях, не имеющих связи с гранитоидами. В образовании стратиформных вольфрамовых и вольфрам-редкометальных месторождений исследо-



чний етапи, останній пов'язан із впровадженням у стратифіковані рудоносні товщі магматичних порід. Внаслідок виникають складні по своєму генезисі родовища з пластово-стратиформною і жильно-прожилковою мінералізацією. До них відносяться родовища Фелбертол (Австрія), Барун-Шивея (Росія), Голконда (США), Кінг-Айленд (Австралія) та ін.

У районах корінних ендегенних родовищ вольфраму внаслідок їхнього руйнування в приповерхніх умовах утворюються елювіальні й алювіальні розсипи, що мають істотне значення у виробництві вольфрамових концентратів (у Казахстані, КНР, Бірмі, Індонезії, Таїланді, Болівії, США). У розсипових родовищах вольфраму укладено 0,5% запасів, але вони дають близько 10% світового видобутку, тому їхнє промислове значення велике.

### 3.3.7 Молибден

Молибден був відкритий у 1773р., але широке застосування одержав тільки в ХХст. Він використовується головним чином у металургії якісних сталей і сплавів (близько 80% металу, що добувається). Сталі, леговані молибденом, зберігають твердість, міцність, тугоплавкість і опір стиранню при високих температурах. Сплави-стеллити і карбід-молибден використовуються в якості інструментальних і кислототривких. Металевий молибден тугоплавкий (температура плавлення 2600°C), завдяки чому широко використовується в електро- і радіотехніці, хімічній і нафтопереробній промисловості, скляному і керамічному виробництві. Молибден застосовується також як мікро-

ватели виділяють осадоно-диагенетический и гидротермально-постмагматический этапы, последний связан с внедрением в стратифицированные рудоносные толщи магматических пород. В результате возникают сложные по своему генезису месторождения с пластово-стратиформной и жильно-прожилковой минерализацией. К ним относятся месторождения Фелбертон (Австрия), Барун-Шивея (Россия), Голконда (США), Кинг-Айленд (Австралия) и другие.

В районах коренных эндегенных месторождений вольфрама вследствие их разрушения в приповерхностных условиях образуются элювиальные и алювиальные россыпи, имеющие существенное значение в производстве вольфрамовых концентратов (в Казахстане, КНР, Бирме, Индонезии, Таиланде, Боливии, США). В россыпных месторождениях вольфрама заключено 0,5% запасов, но они дают около 10% мировой добычи, так что их промышленное значение велико.

### 3.3.7 Молибден

Молибден был открыт в 1773г, но широкое применение получил только в ХХв. Он используется главным образом в металлургии качественных сталей и сплавов (около 80% добываемого металла). Стали, легированные молибденом, сохраняют твердость, прочность, тугоплавкость и сопротивление истиранию при высоких температурах. Сплавы-стеллиты и карбид-молибдена используются в качестве инструментальных и кислотоупорных. Металлический молибден тугоплавок (температура плавления 2600°C), благодаря чему широко используется в электро- и радиотехнике, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, стеклянном и керамическом производстве. Молибден применяется

елемент добрив.

Загальні запаси молибдену оцінюються понад 12млн.т. Унікальні родовища США (Клаймакс, Гендерсон) містять більше 500тис.т металу, дрібні промислові – менше 25тис.т. Крім США найбільше великими запасами володіють КНР, Чилі, Казахстан, Вірменія, Канада, Перу, Росія. За видобутком молибдену США, КНР і Чилі посідають перші три місця у світі. З добутого наприкінці ХХст 140тис.т рудного молибдену на долю цих країн приходить, відповідно, 55;35 і 20тис.т металу. Ціна 1кг молибдену на світовому ринку склала у 2004р. 90\$.

У природі молибден відносно мало розповсюджений (кларк молибдену  $1,7 \cdot 10^{-4}\%$ ), у багатих рудах, що добуваються, вміст металу перевищує 0,5%, у рядових і бідних складає 0,5-0,1%, а з комплексних руд витяг його здійснюється і при більше низьких вмістах (0,1-0,02%). Головним промисловим мінералом (95% видобутку молибдену) молибденових руд і концентратів є молибденіт  $\text{MoS}_2$  (60% Mo), другорядну роль відіграє молибдошеєліт  $\text{Ca}(\text{Mo}, \text{W})\text{O}_4$ , в окремих випадках виявляється доцільним використовувати повелліт  $\text{CaMoO}_4$  і вульфеніт  $\text{PbMoO}_4$  однак технологія витягу металів з них складна.

Молибден накопичується в кінцевих продуктах магми. В окремих випадках дрібна вкрапленість молибденвміщуючих мінералів відзначається в гранітах, аплітах, пегматитах. Помітні скупчення молибденіту в парагенезисі з вольфрамітом, каситеритом, вісмутином спостерігаються іноді в пегматитах (Канада, ПАР, Скандинавія). Утворення такого типу мають в основному мінералогічне значення. Головне промислове значення мають скарнові і плутоногенні гідротерма-

тажже в качестве мікроелемента удобрений.

Общие запасы молибдена оцениваются более 12млн.т. Унікальные месторождения США (Клаймакс, Гендерсон) содержат более 500тыс.т металла, мелкие промышленные – менее 25тыс.т. Кроме США наиболее крупными запасами обладают КНР, Чили, Казахстан, Армения, Канада, Перу, Россия. По добыче молибдена США, КНР и Чили занимают первые три места в мире. Из добытого в конце ХХв 140тыс.т рудного молибдена на долю этих стран приходится, соответственно, 55;35 и 20тыс.т металла. Цена 1кг молибдена на мировом рынке составила в 2004г. 90 долларов. В природе молибден относительно мало распространен (кларк молибдена  $1,7 \cdot 10^{-4}\%$ ), в добываемых богатых рудах содержание металла превышает 0,5%, в рядовых и бедных составляет 0,5-0,1%, а из комплексных руд извлечение его осуществляется и при более низких содержаниях (0,1-0,02%). Главным промышленным минералом (95% добычи молибдена) молибденовых руд и концентратов является молибденит  $\text{MoS}_2$  (60% Mo), второстепенную роль играет молибдошеєліт  $\text{Ca}(\text{Mo}, \text{W})\text{O}_4$ , в отдельных случаях оказывается целесообразным использовать повелліт  $\text{CaMoO}_4$  и вульфеніт  $\text{PbMoO}_4$  однако технология извлечения металлов из них сложна.

Молибден накапливается в конечных продуктах магмы. В отдельных случаях мелкая вкрапленность молибденсодержащих минералов отмечается в гранитах, аплитах, пегматитах. Заметные скопления молибденита в парагенезисе с вольфрамітом, каситеритом, висмутином наблюдаются иногда в пегматитах (Канада, ЮАР, Скандинавия). Образование такого типа имеют в основном минералогическое значение. Главное промышленное значение имеют скарновые и плутоногенные гидро-

льні родовища молибдену.

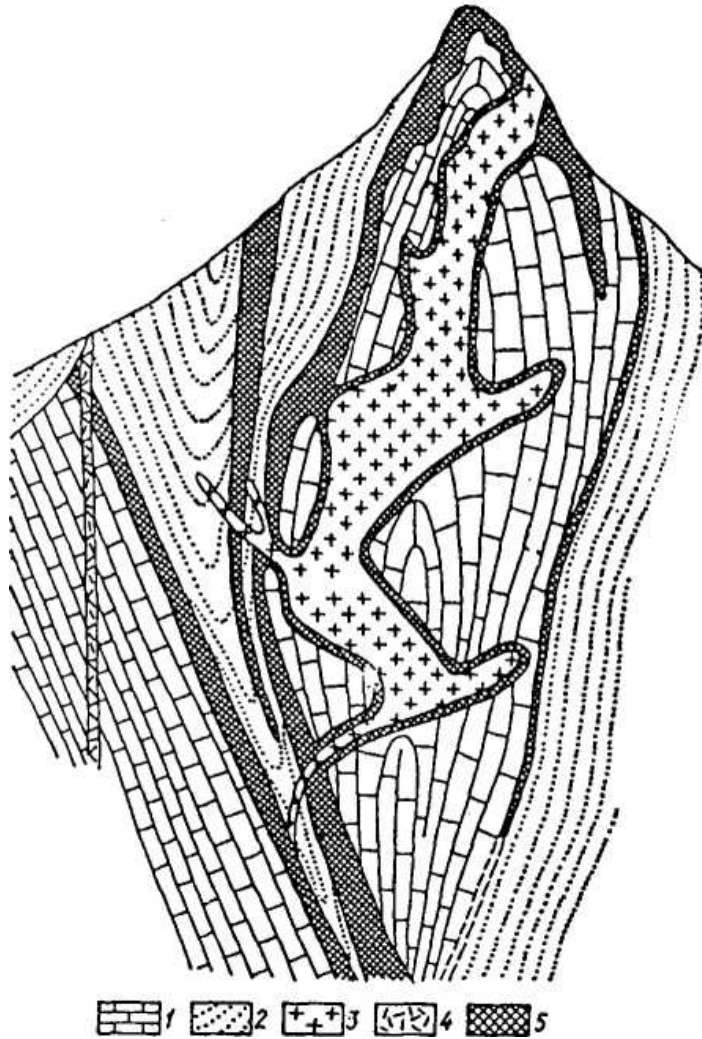
У *скарнових чи контактово-метасоматичних родовищах* молибденіт утворює у парагенезисі із шеєлітом тонку вкрапленість, але часто спостерігається також у вигляді дрібних кварц-молибденових прожилків за межами скарнів. Цікавим у геологічному і промисловому значеннях є родовище *Тирніауз*, розташоване на Центральному Кавказі в зоні перетинання регіональних структур близ широтного і меридіонального напрямів. Зруденіння контролюється антиклінальною структурою, у ядрі якої залягають мармуровані вапняки, а крила складені піроксеновими роговиками (мал.3.25). Складка ускладнена скидами. Породи прорвані інтрузією неогенових (20млн.років) гранітів, з якими пов'язується рудоутворення. Морфологічно зруднілі скарни розділяються на два типи: тонкі пластоподібні тіла вздовж контакту вапняків із гранітами і велике штокверкоподібне тіло в тріщинуватій зоні контакту вапняків з роговиками, що їх перекривають. Головний поклад у горизонтальному перетині має серповидний обрис шириною в центрі до 200м і на флангах близько 2м. Молибденове зруденіння накладене на вольфрамове і поширюється за межі скарнів, де контури рудних тіл устанавлюються на основі хімічного випробування за мінімальним вмістом металу. Поряд з молибденітом розповсюджений молибдошеєліт, що тут використовується промисловістю. Родовище відпрацьовується відкритим, а також підземними способами.

Подібні родовища відомі в КНР (Янцзи-Чжанзи), США (Пайн-Крик), Узбекистані (Лянгар, Койташ), Бразилії (Кунхаба) та ін.

термальніе месторождения молибдена.

В *скарнових или контактово-метасоматических месторождениях* молибденит образует в парагенезисе с шеелитом тонкую вкрапленность, но часто наблюдается также в виде мелких кварц-молибденовых прожилков за пределами скарнов. Интересным в геологическом и промышленном месторождении является *Тырныауз*, расположенное на Центральном Кавказе в зоне пересечения региональных структур близширотного и меридионального направлений. Оруденение контролируется антиклинальной структурой, в ядре которой залегают мраморизованные известняки, а крылья сложены пироксеновыми роговиками (рис.3.25). Складка осложнена сбросами. Породы прорваны интрузией неогеновых (20млн. лет) гранитов, с которыми связывается рудообразование. Морфологически оруденелые скарны разделяются на два типа: тонкие пластообразные тела вдоль контакта известняков с гранитами и крупное штокверкообразное тело в трещиноватой зоне контакта известняков с перекрывающими роговиками. Главная залежь в горизонтальном сечении имеет серповидное очертание шириной в центре до 200м и на флангах около 2м. Молибденное оруденение наложено на вольфрамовое и распространяется за пределы скарнов, где контуры рудных тел устанавливаются на основании химического опробования по минимальным содержаниям металла. Наряду с молибденитом распространены молибдошеелит, который здесь используется промышленностью. Месторождение отрабатывается открытым, а также подземными способами.

Подобные месторождения известны в КНР (Янцзы-Чжанзы), США (Пайн-Крик), Узбекистане (Лянгар, Койташ), Бразилии (Кунхаба) и другие.



Мал. 3.25. Геологічний розріз скарнового родовища Тирніауз (по А.В.Пеку):  
 1 - мармуризовані вапняки; 2 - біотитові роговики; 3 - лейкократові гранітоїди;  
 4 - ліпарити; 5 - скарнові утворення.

Рис. 3.25. Геологический разрез скарнового месторождения Тырныауз (по А.В.Пэку):  
 1 – мраморизованные известняки; 2 – биотитовые роговики; 3 – лейкократовые гранитоиды;  
 4 – липариты; 5 – скарновые образования.

У гідротермальних плутогенних родовищах, що складають основу мінерально-сировинної бази, виділяються штокверкові мідно-молібден-порфірові (68% запасів світу) і власне молібден-порфірові (24% запасів). Обидва типи характеризуються унікальними концентраціями молібдену: у родовищах Клаймакс і Гендерсон (США) молібден-порфірових руд зосереджено більше 13% запасів, а мідно-молібденові родовища Чилі – Чукикамата і Ель-Теніенте – більше 12% світової кількості молібдену. Середній вміст молібдену в молібден-порфірових

В гидротермальных плутогенных месторождениях, составляющих основу минерально-сырьевой базы, выделяются штокверковые медно - молибден - порфировые (68% запасов мира) и собственно молибден-порфировые (24% запасов). Оба типа характеризуются уникальными концентрациями молибдена: в месторождениях Клаймакс и Гендерсон (США) молибден-порфировых руд сосредоточено более 13% запасов, а медно-молибденовых месторождения Чили – Чукикамата и Эль-Тениенте – более 12% мирового количества молибдена. Среднее содержание молибдена в молибден-порфи-

родовищах складає від 0,05 до 0,5, а в мідно-молібден-порфірових – від 0,005 до 0,025%. У рудах у промислових кількостях містяться золото, срібло, рений, селен, телур, вiсмут. Зруденіння пов'язане із штоками порфірових інтрузій і локалізоване в ендо- і екзоконтактних зонах. Рудні тіла представлені штокверками, так що границі рудних тіл проводяться за даними випробування. Для родовищ характерна метасоматична і рудна зональність. Розміри штокверків, що мають концентричну форму, складають у поперечнику від сотень метрів до перших кілометрів. Потужність кварц-молібденитових і кварц-сульфідних прожилків буває від 1-2мм до 2-3см, нерідко зустрічається вкраплене зруденіння сульфідів і молібденіту.

Молібден-порфірові і мідно-молібден-порфірові родовища США (Клаймакс, Гендерсон), Канада (Логан-Лейк), Чилі (Чукикамата, Ель-Теніенте та ін.) відносяться до Східно-Тихоокеанського рудного поясу і розташовані в гірських районах Кордильєр і Анд. Вони пов'язані з молодими (кайнозойськими) інтрузіями, що проривають докембрійські кристалічні утворення. Відомі родовища у Вірменії – Каджаран, Агарак та інші, у Казахстані (Коунрад, Каратас), Росії (Сорське, Жирекен, Шахтама та ін.).

*Родовище Коунрад* уже багато років є базою міднорудного Балхашського комбінату. Район складений осадовими, вулканогенно-осадовими й ефузивними породами нижнього палеозою, прорваними інтрузією гранодіорит-порфірів і дайками кислого складу, що утворюють кільцеву систему. Гранодіорит-порфіри у верхній частині інтрузиву і його породи гідротермально перетворені в кварц-серицит-андалузитові породи - вторинні кварцити.

рдових месторождениях составляет от 0,05 до 0,5, а в медно-молибден-порфировых – от 0,005 до 0,025%. В рудах в промышленных количествах содержатся золото, серебро, рений, селен, телур, вiсмут. Оруденение связано со штоками порфировых интрузий и локализовано в эндо- и экзоконтактных зонах. Рудные тела представлены штокверками, так что границы рудных тел проводятся по данным опробования. Для месторождений характерно метасоматическая и рудная зональность. Размеры штокверков, имеющих концентрическую форму, составляют в поперечнике от сотен метров до первых километров. Мощность кварц-молибденитовых и кварц-сульфидных прожилков бывает от 1-2мм до 2-3см, нередко встречается вкрапленное оруденение сульфидов и молибденита.

Молибден-порфировые и медно-молибден-порфировые месторождения США (Клаймакс, Гендерсон), Канада (Логан-Лейк), Чили (Чукикамата, Эль-Тениенте и др.) приурочены к Восточно-Тихоокеанскому рудному поясу и расположены в горных районах Кордильер и Анд. Они связаны с молодыми (кайнозойскими) интрузиями, прорывающими докембрийские кристаллические образования. Известны месторождения в Армении – Каджаран, Агарак и другие, в Казахстане (Коунрад, Каратас), России (Сорское, Жирекен, Шахтама и др.).

*Месторождение Коунрад* уже много лет является базой меднорудного Балхашского комбината. Район сложен осадочными, вулканогенно-осадочными и эффузивными породами нижнего палеозоя, прорванными интрузией гранодиорит-порфиров и дайками кислого состава, образующими кольцевую систему. Гранодиорит-порфиры в верхней части интрузива и вмещающие его породы гидротермально преобразованы в кварц-серицит-андалузитовые породы, на-

Область змінених порід за формою подібна до перекинутої чаші. Інтрузія формувалася в близькоповерхневих умовах, при її остиганні і кристалізації в апікальній частині й у породах покрівлі відбулося осідання, внаслідок якого утворилися системи тріщин, у тому числі кільцевих. Надалі ці тріщини служили шляхами просування розплавів, розкристалізованих у вигляді даек, і розчинів, що перетворили породи й обумовили рудоутворення. Мідне і молібденово-мідне зрудення у вигляді дрібних кварцово-сульфідних прожилків і вкраплеників відноситься до вторинних кварцитів і зосереджено переважно в апікальній частині інтрузиву. У цілому родовище представляє собою величезний штокверк. У характері зрудення виявляється зональність: периферійні частини штокверку збагачені молібденітом, кількість якого до центра різко знижується. По вертикалі інтенсивність мінералізації знижується й у ядрі структури розкриті майже не змінні гранодіорит-порфіри. Перехід між зонами поступовий, якісно склад рудних мінералів майже не змінюється. Головними рудними мінералами є: халькопірит, халькозин, пірит, молібденіт. На родовищі чітко виражена вторинна зональність, пов'язана з екзогенними процесами, у ході яких виникла зона окислювання і вторинного збагачення.

У Вірменії комплексні мідно-молібденові родовища утворюють Памбак-Зангезурський металогенічний пояс. У структурному відношенні пояс представляє собою великий антиклінорій загальнокавказького напрямку, складений вулканогенно-осадовою товщею палеозойського віку і незгідно перекритий подібними по складу породами верхньої крейди і палеогену. Усі породи прорвані багатозональними

звиваєми вторичними кварцитами. Область изменённых пород по форме подобна опрокинутой чаше. Интрузия формировалась в близповерхностных условиях, при ее остывании и кристаллизации в апикальной части и в породах кровли произошло оседание, вследствие которого образовались системы трещин, в том числе кольцевых. В дальнейшем эти трещины служили путями продвижения расплавов, раскристаллизовавшихся в виде даек, и растворов, преобразовавших породы и обусловивших рудообразование. Медное и молибденово-медное оруденение в виде мелких кварцово-сульфидных прожилков и вкрапленников приурочено к вторичным кварцитам и сосредоточено преимущественно в апикальной части интрузива. В целом месторождение представляет собой огромный штокверк. В характере оруденения проявляется зональность: периферические части штокверка обогащены молибденитом, количество которого к центру резко снижается. По вертикали интенсивность минерализации снижается и в ядре структуры вскрыты почти не измененные гранодиорит-порфиры. Переход между зонами постепенный, качественно состав рудных минералов почти не меняется. Главными рудными минералами являются: халькопирит, халькозин, пирит, молибденит. На месторождении четко выражена вторичная зональность, связанная с экзогенными процессами, в ходе которых возникла зона окисления и вторичного обогащения.

В Армении комплексные медно-молибденовые месторождения образуют Памбак-Зангезурский металлогенический пояс. В структурном отношении пояс представляет собой крупный антиклинорий общекавказского направления, сложенный вулканогенно-осадочной толщей палеозойского возраста и несогласно перекрытый сход-

ною інтрузією, складеною габро, монцонітами, гранітами і гранодіоритами.

Рудне поле найбільше великого в цьому поясі родовища *Каджаран* належить до масиву монцонітів. Внаслідок переміщень по великому розлому в масиві виникла система сколових тріщин, у яких згодом сформувалися дайки кислих порід. Рудоутворення також контролюється сколотими тріщинами, але найбільш інтенсивно воно проявилось поблизу даек і в метамосматично змінених монцонітах, при цьому утворилися прожилки, вкрапленість і окремі великі кварцово-молібденові жили. У цілому рудне тіло представляє собою штокверк із горизонтальним перетином близько 1,5х2км, однак згадані жили можуть розглядатися самостійно і їхня роль із глибиною збільшується.

Руди комплексні, містять мідь до 1% і молібден 0,05-1%. При збагаченні одержують істотно мідні (халькопіритові) концентрати і молібденитові. У перших крім міді містяться Ві, Аg, Se, Те, Ау, у других – Re, Se, Те. Родовище відпрацьовується відкритим і шахтним способами.

Одним з найбільших родовищ світового значення є *Кляймакс*, у штаті Колорадо (США). У древні докембрійські граніти поблизу великого розриву (крайова зона масиву Колорадо) інтродував третинний порфіровий шток. Цей шток оточений зоною окварцювання й зруденіння, що замикаються пластоподібно догори і відрізняються інтенсивністю і характером мінералізації. Потужність зони зруденіння змінюється від 100 до 200м. У той час як внутрішня зона майже цілком окварцювана, зона зруденіння, яка прилягає до неї зверху, пронизана незліченними малопотужними кварц-молібденовими прожилками. Середній вміст

ними по составу породами верхнього мела і палеогена. Все породи прорвані багатофазної інтрузією, складеною габро, монцонітами, гранітами і гранодіоритами.

Рудне поле найбільше великого в цьому поясе месторождения *Каджаран* приурочено к масиву монцонітов. Вследствие подвижек по крупному разлому в массиве возникла система сколовых трещин, в которых впоследствии сформировались дайки кислых пород. Рудообразование также контролируется сколовыми трещинами, но наиболее интенсивно оно проявилось вблизи даек и в метамосматически измененных монцонітах, при этом образовались прожилки, вкрапленность и отдельные крупные кварцово-молибденовые жилы. В целом рудное тело представляет собой штокверк с горизонтальным сечением около 1,5х2км, однако упомянутые жилы могут рассматриваться самостоятельно и их роль с глубиной увеличивается.

Руди комплексные, содержат медь до 1% и молибден 0,05-1%. При обогащении получают существенно медные (халькопиритовые) концентраты и молибденитовые. В первых, кроме меди содержатся Ві, Аg, Se, Те, Ау, во вторых – Re, Se, Те. Месторождение отработывается открытым и шахтним способами.

Одним из крупнейших мирового значений месторождений является *Кляймакс*, в штате Колорадо (США). В древние докембрійские граниты вблизи крупного разрыва (краевая зона массива Колорадо) интродировал третичный порфіровый шток. Этот шток окружен зоной окварцевания и оруденения, которые замыкаются пластоподобно кверху и отличаются интенсивностью и характером минерализации. Мощность зоны оруденения изменяется от 100 до 200м. В то время как внутренняя зона окварцована почти нацело, прилегающая к ней свер-

молибдену в зоні зруденіння складає 0,5%. Відпрацьовування ведеться кар'єрами, а також підземними гірськими вироботками. Запаси оцінюються в кілька сотень мільйонів тонн.

### 3.3.8 Магній

Металевий магній набув значення в останні десятиліття, хоча уперше він був отриманий хіміком Деви в 1808 р. Колись магній застосовувався лише для феєрверків і у фотографії (порошок для спалаху). Зараз він широко використовується для виготовлення легких сплавів разом з алюмінієм, міддю і цинком (у літако- й автомобілебудуванні), а також для виробництва вогнетривких виробів, кислото- тривких судин, у технологічних процесах, а мінерал бішофіт — у медичних цілях. Світове виробництво магнію складає 300 тис. т на рік, ціна металевого магнію - 2250\$/т. Кларк магнію 1,87%. Магній - один з найлегших металів (щільність 1,74 г/см<sup>3</sup>)

Поклади магнезиту можуть виникати при гідротермальному метасоматозі вапняків, проходячи стадію доломітизації. При цьому магнійвміщуючі розчини вилугуюють з вапняків кальцій, заміщуючи його магнієм. Такі магнезитові руди у вигляді покладів заміщення виникли, наприклад, у палеозойських вапняках у східних Альпах (Австрія).

У родовищах разом з магнезитом зустрічається тальк, як правило, в талькових сланцях. Найбільше великі родовища (Вайг, Трибен, Радентейн) відносяться до граувакової зони східних Альп і утворюють пояс широтного простягання. Відпрацьовування здійснюється відкритим

ху зона орудення пронизана бесчисленними маломощними кварц-молибденовими прожилками. Среднее содержание молибдена в зоне оруденения составляет 0,5%. Отработка ведется карьерами, в настоящее время также подземными горными выработками. Запасы оцениваются в несколько сотен миллионов тонн.

### 3.3.8 Магний

Металлический магний приобрел значение в последние десятилетия, хотя впервые он был получен химиком Дэви в 1808 г. Прежде магний применялся только лишь для фейерверков и в фотографии (порошок для вспышки). Сейчас он широко используется для изготовления легких сплавов вместе с алюминием, медью и цинком (в самолето- и автомобилестроении), а также для производства огнеупорных изделий, кислотоупорных сосудов, в технологических процессах, а минерал бишофит — в медицинских целях. Мировое производство магния составляет 300 тыс. т в год, цена металлического магния - 2250\$/т. Кларк магния 1,87%. Магний один из самых легких металлов (плотность 1,74 г/см<sup>3</sup>)

Залежи магнезита могут возникать при гидротермальном метасоматозе известняков, проходя стадию доломитизации. При этом магнийсодержащие растворы выщелачивают из известняков кальций, замещая его магнием. Такие магнезитовые руды в виде залежей замещения возникли, например, в палеозойских известняках в восточных Альпах (Австрия).

В месторождениях вместе с магнезитом встречается тальк, обычно в тальковых сланцах. Наиболее крупные месторождения (Вайг, Трибен, Радентейн) приурочены к грауваковой зоне восточных Альп, образуя пояс широтного простирания. Отработка осуществляется открытым способом.



способом.

Дуже великі родовища магнезиту в карбонатних товщах відомі в КНР, КНДР, Канаді і США. Подібні родовища знаходяться також у Карпатах (Кошице в Словаччині) і на півдні Уралу (Сатка біля міста Златоуста).

При вивітрюванні ультраосновних порід магній виділяється з верхніх частин і у вигляді карбонату випадає в більш глибоких частинах зони вивітрювання, перехідних до первинних порід. Такі утворення магнезиту іноді з тальком чи нікелевими силікатами відносяться, як правило, до серпентинітів, що утворилися по ультрабазитах. В Україні є нерозроблювальне Правдинське талько-магнезитове родовище в Дніпропетровській області, а також перспективне Веселянське родовище в Запорізькій області. Аналогічні більше великі родовища магнезиту відомі в межах серпентинитових масивів Середнього Уралу і Казахстану, на Кубі, в Індії. Осадкові родовища карналіту та інших солей відомі в Росії (Верхньокамське на Уралі), Білорусії (Солегорське), Україні (Стебниковське, Калужке), Німеччині, Франції та інших країн.

Унікальні родовища бішофіту виявлені в породах кунгурського ярусу нижньої пермі в Прикаспійській синеклізі (Росія) і Дніпровсько-Донецькій впадині (ДДВ) України.

Волгоградське родовище із запасами більше 200 млрд.т бішофіту простежене на 400 км. 4 пласта бішофіту в асоціації з карналітом, сильвіном, галітом й іншими мінералами мають потужність 10-40м і більше. Вони залягають на глибинах 1000-1800м.

У ДДВ на території 5 областей — від Донецької на південному сході до Чернігівської на північному заході пласт бі-

Очень крупные месторождения магнезита в карбонатных толщах известны в КНР, КНДР, Канаде и США. Подобные месторождения находятся также в Карпатах (Кошице в Словакии) и на юге Урала (Сатка около города Златоуста).

При выветривании ультраосновных пород магний удаляется из верхних частей и в виде карбоната выпадает в более глубоких частях зоны выветривания, переходных к первичным породам. Такие образования магнезита иногда с тальком или никелевыми силикатами приурочены обычно к серпентинитам, образовавшимся по ультрабазитах. В Украине имеется неразрабатываемое Правдинское талько-магнезитовое месторождение в Днепропетровской области, а также перспективное Веселянское месторождение в Запорожской области. Аналогичные более крупные месторождения магнезита известны в пределах серпентинитовых массивов Среднего Урала и Казахстана, на Кубе, в Индии. Осадочные месторождения карналлита и иных солей известны в России (Верхнекамское на Урале), Белоруссии (Солигорское), Украине (Стебниковское, Калушское), ФРГ, Франции и других странах.

Уникальные месторождения бишофита обнаружены в породах кунгурского яруса нижней перми в Прикаспийской синеклизе (Россия) и Днепро-Донецкой впадине (ДДВ) Украины.

Волгоградское месторождение с запасами более 200млрд.т бишофита прослежено на 400км. 4 пласта бишофита в ассоциации с карналлитом, сильвином, галитом и другими минералами имеют мощность 10-40м и более. Они залегают на глубинах 1000-1800м.

В ДДВ на территории 5 областей – от Донецкой на юго-востоке до Черниговской на северо-западе пласт бишофита мощно-

шофіту потужністю від 3-5 до 25-30м розкритий на глибині від 200 до 700м. Сумарні запаси бішофіту в ДДВ, за даними А.Є. Лукіна, складають не менше 50км<sup>3</sup> бішофітового розсолу, що виводить Україну на одне з перших місць у світі за цим видом сировини.

Магній є важливою складовою частиною морських вод і може в значних кількостях накопичуватися в сучасних водоймах. На Сивашському родовищі в Криму солі магнію добуваються попутно з видобутком повареної солі, а в Передкарпатті — при видобутку калійних солей.

### 3.3.9 Ртуть і сурма

Ртуть і сурма відомі з доісторичних часів. Сліди розробок у кам'яному віці головного мінералу ртуті – яскраво-червоної кіноварі для ритуальних цілей виявлені на Нікітовському родовищі в Донбасі. За 2-2,5 тис. років до н.е. китайці використовували ртуть у лікувальних цілях, а також знали про її здатність розчиняти золото і срібло. У древньому Вавилоні за 3тис. років до н.е. робили сосуди із сурми, вона застосовувалася в стародавності як барвник («сурмянити брови»). Незвичайні властивості ртуті (єдиний рідкий при нормальній температурі метал, здатність амальгамувати, тобто розчиняти золото, срібло, інші метали і т.д.) дозволяють використовувати її в хімічній промисловості (45%) для одержання хлору і каустичної соди, фарб, різних каталізаторів. Електронна й електротехнічна галузь промисловості, медицина і вибухова справа, енергетика і термоядерна техніка, сільське господарство – сфери застосування ртуті. Через її високу токсичність застосування ртуті вимагає особливих запобіжних заходів.

Сурма застосовується у сплавах при

стю от 3-5 до 25-30м вскрыт на глубине от 200 до 700м. Суммарные запасы бишофита в ДДВ по данным А.Е.Лукина составляют не менее 50км<sup>3</sup> бишофитового рассола, что выводит Украину на одно из первых мест в мире по этому виду сырья.

Магний является важной составной частью морских вод и может в значительных количествах накапливаться в современных водоемах. На Сивашском месторождении в Крыму соли магния добываются попутно с добычей поваренной соли, а в Предкарпатье — при добыче калийных солей.

### 3.3.9 Ртуть и сурьма

Ртуть и сурьма известны с доисторических времен. Следы разработок в каменном веке главного минерала ртути – ярко-красной киновари для ритуальных целей обнаружены на Никитовском месторождении в Донбассе. За 2-2,5 тыс. лет до н.э. китайцы использовали ртуть в лечебных целях, а также знали о ее способности растворять золото и серебро. В древнем Вавилоне за 3тыс. лет до н.э. делали сосуда из сурьмы, она применялась в древности в качестве красителя («сурмянить брови»). Необычные свойства ртути (единственный жидкий при нормальной температуре металл, способность амальгамировать, т.е. растворять золото, серебро, другие металлы и т.д.) позволяют использовать ее в химической промышленности (45%) для получения хлора и каустической соды, красок, различных катализаторов. Электронная и электротехническая отрасль промышленности, медицина и взрывное дело, энергетика и термоядерная техника, сельское хозяйство – области применения ртути. Ввиду ее высокой токсичности применение ртути требует особых мер предосторожности.

виготовленні акумуляторів, оболонках кабелів, типографській справі, при виробництві фарб, гуми, сірників, боєприпасів, пластмас, кераміки і скла. На даний час більш ніж половина сурми використовується для одержання вогнестійких з'єднань.

Загальні запаси ртуті складають близько 700 тис.т, головні родовища розташовані в Іспанії, КНР, Киргизії, Алжирі, Україні і Югославії. Річне виробництво ртуті за останнім часом у зв'язку з екологічними вимогами помітно скоротилося з 5 тис т у 1987р. до 2 тис.т у 2000р. Ціна ртуті на світовому ринку також стійко знижується – від 8,7 у 1988р. до 4,7 тис.\$ за 1 тонну в 2004р.

Запаси сурми складають більше бмлн.т, найбільше великими з них володіють КНР, Киргизія, Болівія і ПАР. Ці країни давали наприкінці ХХст. більше 90% світового видобутку сурми. Ціна 1т металевої сурми на Лондонській біржі в 1998р. коливалася від 1540 до 1760 \$ за 1 тонну, у 2004р. – 2600\$/т.

Ртуть і сурму одержують як з монометальних, так і комплексних сурмяно-ртутних руд. Масштаби родовищ цих металів порівнянні: унікальні – більше 100 тисяч тонн металу, великі і середні – 100-20, дрібні – менше 10-3 тис.т.

Кларк ртуті  $8,3 \cdot 10^{-6}$ , сурми  $5 \cdot 10^{-5}\%$ . Джерела ртуті і сурми – ювенільні, підкорові. Гідротермальними розчинами, а також у газовій фазі ці метали виносяться далеко за межі їхнього родоначального середовища і відкладаються у виді одних з останніх мінералів серед різних гірських порід.

Багаті руди ртуті містять більше 1% металу, бідні – 0,08–0,12%. Донедавна всі ртутні руди піддавалися прямому металургійному переділу – сублімації в спеці-

Сурьма применяется в сплавах при изготовлении аккумуляторов, оболочках кабелей, типографском деле, при производстве красок, резины, спичек, боеприпасов, пластмасс, керамики и стекла. В настоящее время более половины сурьмы используется для получения огнестойких соединений.

Общие запасы ртути составляют около 700 тыс.т, главные месторождения расположены в Испании, КНР, Киргизии, Алжире, Украине и Югославии. Годовое производство ртути за последнее время в связи с экологическими требованиями заметно сократилось с 5 тыс т в 1987г до 2 тыс.т в 2000г. Цена ртути на мировом рынке также устойчиво снижается – от 8,7 в 1988г до 4,7 тыс.\$/т в 2004г.

Запасы сурьмы составляют более бмлн.т, наиболее крупными из них обладают КНР, Киргизия, Боливия и ЮАР. Эти страны давали в конце ХХ века более 90% мировой добычи сурьмы. Цена 1т металлической сурьмы на Лондонской бирже в 1998г колебалась от 1540 до 1760 \$ за 1 тонну, в 2004г 2600\$/т.

Ртуть и сурьму получают как из монометальных, так и комплексных сурмяно-ртутных руд. Масштабы месторождений этих металлов соизмеримы: уникальные – более 100 тысяч тонн металла, крупные и средние – 100-20, мелкие – менее 10-3 тыс.т.

Кларк ртути  $8,3 \cdot 10^{-6}$ , сурьмы  $5 \cdot 10^{-5}\%$ . Источники ртути и сурьмы – ювенильные, подкоровые. Гидротермальными растворами, а также в газовой фазе эти металлы выносятся далеко за пределы их родоначальной среды и отлагаются в виде одних из последних минералов среди различных горных пород.

Богатые руды ртути содержат более 1% металла, бедные – 0,08–0,12%. До недавнего времени все ртутные руды подвергались

альних печах. Сурм'яні руди при вмісті в них декількох десятків відсотків також піддаються прямому металургійному переділу, однак більшість сурм'яних руд із вмістом від 1-2% і до 12% сурми збагачуються гравітаційно-флотаційним способом для одержання концентратів з 30-55% металу.

*Промислові родовища* ртуті і сурми, незважаючи на деякі розходження, подібні за своїм генезисом. Серед них виділяються гідротермальні і стратиформні родовища з різними за своїм мінеральним складом типами. Для ртуті головними є родовища кварц-дікитового (Альмаден в Іспанії, Нікітовка в Україні) і карбонатно-джаспероїдного типів (Идрія в Югославії, Хайдаркан у Киргизії, Ваньшань у КНР).

*Родовище Альмаден* має унікальні запаси ртуті, порівняними із запасами всіх ртутних родовищ світу разом узятими. Його розробка продовжується більше 2000 років, за цей період тут було добуто більше 500 тис. т ртуті з руд із вмістом 10-12% металу. Родовище знаходиться в 150 км до південно-заходу від Мадрида і відноситься до синклінальної складки довжиною 25 км. Синкліналь складена вулканогенно-осадковими породами ордовіка-силура, перекритими терригенними відкладеннями девону. Складка ускладнена поперечними скиданнями і прорвана дайками діабазів і лампрофірів. Загальна потужність рудоносної товщі 4000 м. Зруденіння належить до трьох крутопадаючих шарів кварцитоподібних пісковиків, що залягають у крилі синклінальної складки (мал.3.26) Пластові згодні рудні тіла потужністю від 2 до 14 м простежені по простяганню на 350-450 м, а по падінню на 500 м. За прогнозами, вони продовжуються до глибини 800-1000 м. Руда складається з кіноварі, невеликої кілько-

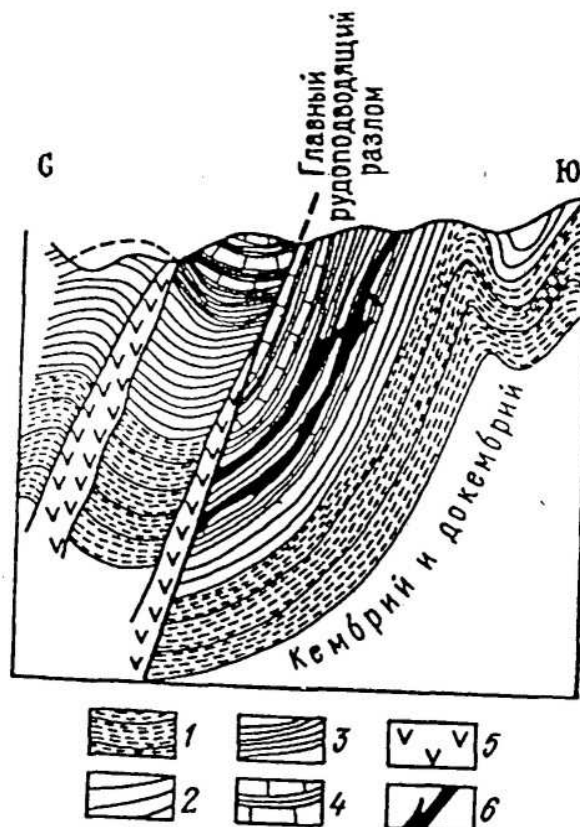
прямому металургічному переділу – возгонке в спеціальних печах. Сурьмяные руди при содержании в них нескольких десятков процентов также подвергаются прямому металлургическому переділу, однако большинство сурьмяных руд с содержанием от 1-2% и до 12% сурьмы обогащались гравитационно-флотационным способом для получения концентратов с 30-55% металла.

*Промышленные месторождения* ртути и сурьмы, несмотря на некоторые различия, сходны по своему генезису. Среди них выделяются гидротермальные и стратиформные месторождения с различными по своему минеральному составу типами. Для ртути главными являются месторождения кварц-дикитового (Альмаден в Испании, Никитовка в Украине) и карбонатно-джаспероидного типов (Идрия в Югославии, Хайдаркан в Киргизии, Ваньшань в КНР).

*Месторождение Альмаден* обладает уникальными запасами ртути, соизмеримыми с запасами всех ртутных месторождений мира вместе взятыми. Его разработка продолжается более 2000 лет, за этот период здесь было добыто более 500 тыс. т ртути из руд с содержанием 10-12% металла. Месторождение находится в 150 км к юго-западу от Мадрида и приурочено к синклінальній складке протяженностью 25 км. Синкліналь сложена вулканогенно-осадочными породами ордовіка-силура, перекрытыми терригенными отложениями девона. Складка осложнена поперечными сбросами и прорвана дайками диабазов и лампрофіров. Общая мощность рудоносной толщи 4000 м. Оруденение приурочено к трем крутопадающим пластам кварцитовидных песчаников, залегающих в крыле синклінальній складки (рис.3.26) Пластовые согласные рудные тела мощностью от 2 до 14 м прослежены по простиранию на 350-450 м, а по падению на 500 м.

сті антимоніту, піриту, кварцу, серициту, карбонатів. У деяких ділянках присутня самородна ртуть (до 20%). Середній вміст ртуті в руді складає близько 1%, колись відпрацьовувалися більше багаті руди із вмістом 8-10%, а в давнину добувалися руди з 20-30% ртуті. На вік і генезис Альмадену є дві точки зору. Одні геологи вважають, що родовище утворилося в альпійську епоху з гідротермальних розчинів. Прихильники іншої гіпотези стверджують, що родовище більше древнє, сформувалося в каледонську епоху осадково-вулканогенними процесами, а потім було частково перетворене.

По прогнозам они продолжаются до глубины 800-1000м. Руда состоит из киновари, небольшого количества антимонита, пирита, кварца, серицита, карбонатов. В некоторых участках присутствует самородная ртуть (до 20%). Среднее содержание ртути в добываемой руде составляет около 1%, прежде отрабатывались более богатые руды с содержанием 8-10%, а в древности добывались руды с 20-30% ртути. На возраст и генезис Альмадена имеется две точки зрения. Одни геологи считают, что месторождение образовалось в альпийскую эпоху из гидротермальных растворов. Сторонники другой гипотезы утверждают, что месторождение более древнее, сформировалось в каледонскую эпоху осадочно-вулканогенными процессами, а затем было частично преобразовано.



Мал. 3.26. Геологічний розріз родовища Альмаден; 1-3 - відкладення нижнього силура: 1-пісковики, 2-глинисті сланці, 3-вуглисті сланці; 4 - піритизовані графітові сланці з проверстками вапняків верхнього силура; 5 - дайки діабазового порфіриту; 6 - рудоносні кварцити.

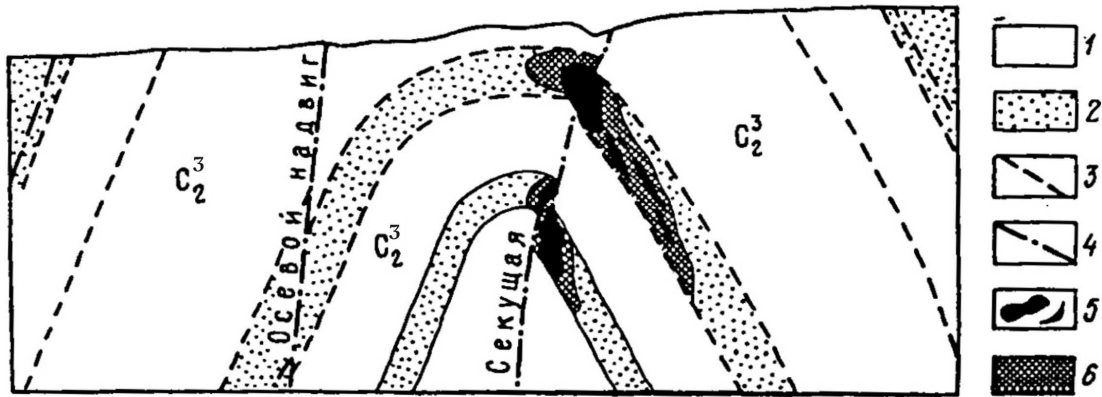
Рис. 3.26. Геологический разрез месторождения Альмаден; 1-3 – отложения нижнего силура: 1-песчаники, 2-глинистые сланцы, 3-углистые сланцы; 4 – пиритизированные графитовые сланцы с прослоями известняков верхнего силура; 5 – дайки диабазового порфирита; 6 – рудоносные кварциты.

*Нікітовське рудне поле* розташоване в центральному районі Донбасу і належить до осової частини Головної антиклиналі, складеної пісковиками, глинистими сланцями з незначними прошарками вугілля і вапняків середнього карбону. Вісь антиклиналі поступово занурюється в північно-західному напрямі, випробуючи місцеві здіймання з утворенням брахіантклинальних складок - куполів (мал.3.27). Складки складені поперечними, діагональними і пошаровими розламами нерідко контролюючими зруденіння в потужних шарах пісковиків. Крім тріщинно-жильного зруденіння розвинуті штокверкові, пласто- і трубоподібні тіла, що не завжди мають чіткі геологічні границі і такі, що оконтурюються за результатами випробування. Головні мінерали родовищ Нікітовського рудного поля представлені кіновар'ю й антимонітом, рідше зустрічається пірит, арсенопірит, марказит й інші сульфіди. З нерудних широко розвинутий кварц, дикіт, карбонати. Рудовміщуючі пісковики інтенсивно окварцьовані і місцями перетворені у кварцити, більше інтенсивно роздроблені і сприятливі для рудовідкладання. Зруденіння рудного поля багатоярусне і містить не менше семи пластів пісковиків, що вміщують ртутну і сурм'яно-ртутну мінералізацію. Руди розкриті гірськими виробками на глибині до 450-490м, при цьому істотно зростає роль антимоніту. За період експлуатації (з 1885р.) на родовищах Нікітовського рудного поля добуто 32,3млн.т руди з яких отримано близько 34тис.т ртуті. На даний час внаслідок економічних причин родовище знаходиться на мокрій консервації, хоча в надрах шістьох рудних об'єктів запаси ртуті оцінюються величиною більше 22тис.т металу. Гідротермальні розчини, що відклали кіновар, антимоніт й

*Никитовское рудное поле* расположено в центральном районе Донбасса и приурочено к осевой части Главной антиклинали, сложенной песчаниками, глинистыми сланцами с незначительными прослоями углей и известняков среднего карбона. Ось антиклинали постепенно погружается в северо-западном направлении, испытывая местные воздымания с образованием брахиантклинальных складок, называемых куполами (рис.3.27). Складки сложены поперечными, диагональными и послойными разломами, нередко контролирующими оруденение в мощных пластах песчаников. Помимо трещинно-жильного оруденения развиты штокверковые, пласто- и трубообразные тела не всегда имеющие четкие геологические границы и оконтуриваемые по результатам опробования. Главные минералы месторождений Никитовского рудного поля представлены киноварью и антимонитом, реже встречается пирит, арсенопирит, марказит и другие сульфиды. Из нерудных широко развит кварц, диксит, карбонаты. Рудовмещающие песчаники интенсивно окварцованы и местами превращены в кварциты, более интенсивно раздробленные и благоприятные для рудоотложения. Оруденение рудного поля многоярусное и содержит не менее семи пластов песчаников, которые вмещают ртутную и сурьмяно-ртутную минерализацию. Руды вскрыты горными выработками на глубине до 450-490м, при этом существенно возрастает роль антимонита. За период эксплуатации (с 1885г) на месторождениях Никитовского рудного поля добыто 32,3млн.т руды из которой получено около 34тыс.т ртуті. В настоящее время вследствие экономических причин месторождение находится на мокрой консервации, хотя в недрах шести рудных объектов оставшиеся запасы ртути оцениваются величиной более 22тыс.т металла.

інші рудні мінерали, за даними термобаричних і ізотопних досліджень, були низькотемпературними (150-120<sup>0</sup>С) змішаного ювенільно-екзогенного характеру.

Гидротермальные растворы, отложившие киноварь, антимонит и другие рудные минералы, по данным термобарических и изотопных исследований, были низкотемпературными (150-120<sup>0</sup>С) смешанного ювенильно-экзогенного характера.



Мал. 3.27. Геологічний розріз родовища Никитовка:

1 - глинисті сланці; 2 - пісковики; 3 - вугілля; 4 - розривні порушення;  
5 - рудні тіла; 6 - мінералізовані породи.

Рис. 3.27. Геологический разрез месторождения Никитовка:

1 – глинистые сланцы; 2 – песчаники; 3 – угли; 4 – разрывные нарушения;  
5 - рудные тела; 6 – минерализованные породы.

*Родовище Хайдаркан* знаходиться в Середній Азії. У геологічній будові району беруть участь вапняки і сланці силуру-девону і товща вапняків і сланців середнього-верхнього карбону. Породи силуру-девону насунуті на відкладення карбону по регіональному широтному насунанню. Обидві товщі ізм'яті у складки сундучного типу і розбиті розламами на серію блоків. Майже всі запаси металу зосереджені в окварцьованих брекчийованих тонкошаруватих вапняках карбону (джаспероїдах) й екрануються вищезалігаючими сланцями. Істотне значення в рудорозподілі мають складки другого порядку. У цілому ланцюжок багатих ділянок витягнутий вздовж згаданого насунання. Руди Хайдарканського родовища комплексні – ртутні і сурм'яно-ртутні, утримуючі крім кінноварі й антимоніту метацинабарит, реальгар, аурипігмент, пірит, флюорит, кварц, кальцит й інші мінерали.

*Месторождение Хайдаркан* находится в Средней Азии. В геологическом строении района принимают участие известняки и сланцы силура-девона и толщина известняков и сланцев среднего-верхнего карбона. Породы силура-девона надвинуты на отложения карбона по региональному широтному надвигу. Обе толщи смяты в складки сундучного типа и разбиты разломами на серию блоков. Почти все запасы металла сосредоточены в окварцованных брекчированных тонкослоистых известняках карбона (джаспероидах) и экранируются вышележащими сланцами. Существенное значение в рудораспределении имеют складки второго порядка. В целом цепочка богатых участков вытянута вдоль упомянутого надвига. Руды Хайдарканского месторождения комплексные – ртутные и сурьмяно-ртутные, содержащие кроме киновари и антимонита, метациннабарит, реальгар, аурипигмент, пирит, флюорит, кварц, кальцит и другие минералы.

Прикладами родовищ сурми, що мають найбільше велике промислове значення, є стратиформні родовища Сигуаньшанського рудного поля в КНР і Кадамджай у Киргизії.

*Рудне поле Сигуаньшань* виділяється своїми унікальними запасами, що складають з урахуванням еродованої частини основного рудного покладу більше 3млн.т або біля половини всіх запасів світу. Родовище було відкрито в 1540р., промислова розробка почалася в 1905р. Район родовища знаходиться в центральній частині провінції Хунань і належить до зони тектоно-магматичної активізації Південно-Китайської платформи. В основі Цзяньнаньського середнього масиву цієї платформи залягають гнейси, перекриті осадовими породами силуру, палеозою і мезокайнозою. Зруденіння належить до окварцьованих вапняків (джаспероїдів) девону, що розміщуються в центральній частині положистої брахіантиклінальної складки, простеженої по простяганню на 15км при ширині 3км. На західному крилі брахіантикліналі встановлений рудопровідний розлом типу скидання з амплітудою зсуву порід до 700-950м. Сигуаньшанське рудне поле складається з п'яти родовищ, на кожному з них виділяється до трьох рудоносних пластоподібних покладів, що відносяться до джаспероїдів, які інтенсивно брекчіювані вздовж рудопідвідного розлому. Рудні тіла, що містять до 20% сурми, мають пластово-лінзоподібний характер і просліджується до 1000-1500м, розташовуючись у сводовій частині брахіантикліналей. На крилах складки зустрічаються гніздові і штокверкові рудні поклади, складені багатими (10% і більше сурми) рудами. Головним рудним мінералом є антимоніт, що утворює місцями

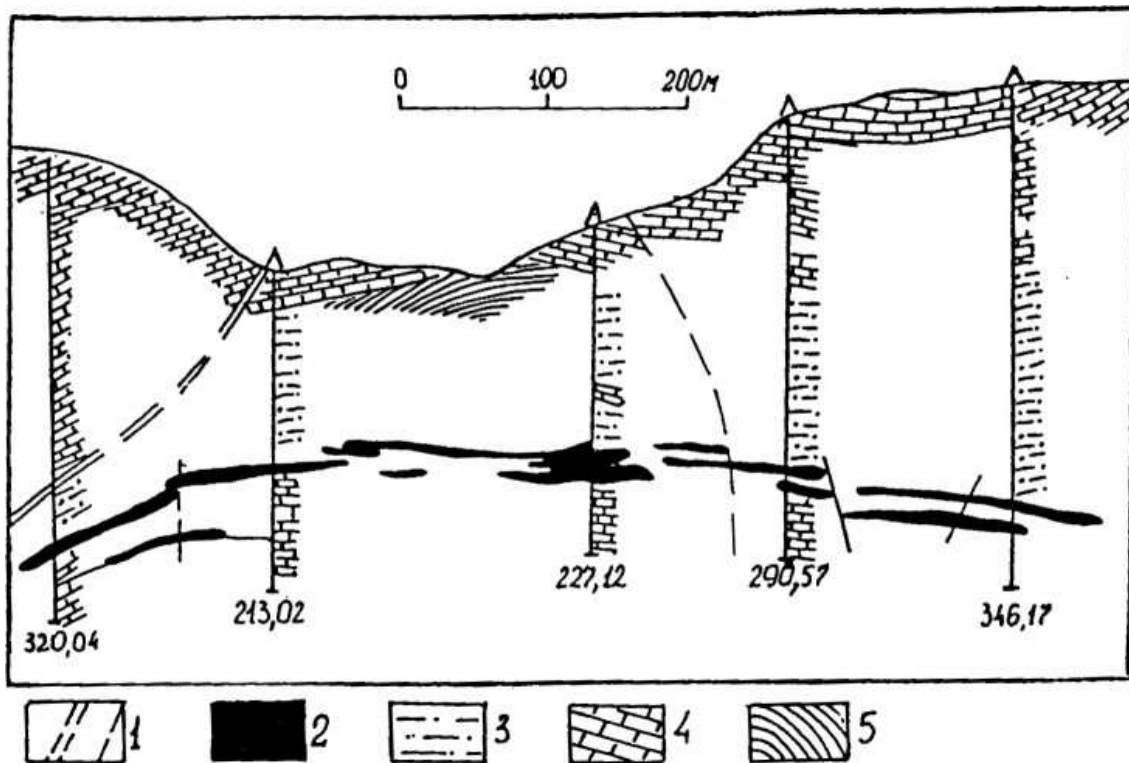
Примерами месторождений сурьмы, имеющих наиболее крупное промышленное значение, являются стратиформные месторождения Сигуаньшаньского рудного поля в КНР и Кадамджай в Киргизии.

*Рудное поле Сигуаньшань* выделяется своими уникальными запасами, которые составляют с учетом эродированной части основной рудной залежи более 3млн.т или около половины всех запасов мира. Месторождение было открыто в 1540г, промышленная разработка началась в 1905г. Район месторождения находится в центральной части провинции Хунань и приурочен к зоне тектоно-магматической активизации Южно-Китайской платформы. В основании Цзяньнаньского срединного массива этой платформы залегают гнейсы, перекрытые осадочными породами синия, палеозоя и мезокайнозоя. Оруденение приурочено к окварцованным известнякам (джаспероидам) девона, которые размещаются в центральной части пологой брахиантиклинальной складки, прослеженной по простиранию на 15км при ширине 3км. На западном крыле брахиантиклинали установлен рудопроводящий разлом типа сброса с амплитудой смещения пород до 700-950м. Сигуаньшаньское рудное поле состоит из пяти месторождений, на каждом из них выделяется до трех рудоносных пластообразных залежей, приуроченных к джаспероидам, которые интенсивно брекчированы вдоль рудоподводящего разлома. Рудные тела, содержащие до 20% сурьмы, имеют пластово-линзовидный характер и прослеживается до 1000-1500м, располагаясь в сводовой части брахиантиклиналей. На крыльях складки встречаются гнездовые и штокверковые рудные залежи, сложенные богатыми (10% и более сурьмы) рудами. Главным рудным минералом является антимонит, образующий местами уникальные



унікальні за своїми розмірами (до 50см і більше) подовжені, добре ограновані кристали і їхні зростки. Зрідка зустрічаються кіновар, кварц, кальцит, сидерит й інші мінерали. Сурм'яні родовища Сигуаньшанського рудного поля є гідротермальними низько-, середньотемпературними джаспероїдного типу подібними з родовищем Кадамджай (мал. 3.28).

по своим размерам (до 50см и более) удлиненные, хорошо ограненные кристаллы и их сростки. Изредка встречаются киноварь, кварц, кальцит, сидерит и другие минералы. Сурьмяные месторождения Сигуаньшанского рудного поля являются гидротермальными низько-, среднетемпературными джаспероидного типа сходными с месторождением Кадамджай (рис.3.28).



Мал. 3.28. Геологічний розріз родовища Сигуаньшань:

1 - зони розломів; 2 - рудні тіла; 3 - сланці; 4 - вапняки; 5 - сланці з проверстками карбонатних порід.

Рис. 3.28. Геологический разрез месторождения Сигуаньшань:

1 – зоны разломов; 2 – рудные тела; 3 – сланцы; 4 – известняки; 5 – сланцы с прослоями карбонатных пород.

Родовище Кадамджай у Киргизії належить до регіонального розлому, що перетинає західне замикання Акташської субширотної антикліналі. Антикліналь складена вапняками, глинистими сланцями карбону, на які насунуті теригенні відкладення девону і силуру. Внаслідок утворилися межформаційні плас-топодібні брекчії потужністю до 25-30м, що перетворені гідротермальними розчинами в зруденілі джаспероїди і роговики. Розподіл зруденіння в брекчиях нерівно-

Месторождение Кадамджай в Киргизии приурочено к региональному разлому, пересекающему западное замыкание Акташской субширотной антиклинали. Антиклиналь сложена известняками, глинистыми сланцами карбона, на которые надвинуты терригенные отложения девона и силура. В результате образовались межформационные пластообразные брекчии мощностью до 25-30м, которые превращены гидротермальными растворами в оруденельные джаспероиды и роговики. Распреде-

мірний, більш багаті пластоподібні поклади антимоніту локалізовані під екраном глинистих сланців і відносяться до положистих антикліналей, що ускладнені розривами. На перетинанні тріщин зустрічаються жилоподібні і лінзоподібні рудні тіла. Головними мінералами руд є антимоніт і кварц, другорядними – пірит, марказит, реальгар, аурипігмент, халькопірит, сфалерит, галеніт, флюорит та ін. Руда містить близько 5% сурми, у ній присутні в невеликих кількостях золото і срібло. Родовище сформувалося на малих і помірних глибинах, про що свідчать брекчийові текстури і метаколоїдні структури.

### 3.4 Благородні метали

До групи благородних металів відносяться золото, срібло, платина і платиноїди – паладій, іридій, родій, рутеній і осмій. Вони мають хімічну стійкість і красивий зовнішній вигляд у виробках, що обумовило назву цієї групи металів і області їхнього застосування.

#### 3.4.1 Золото

Золото почало застосовуватися людиною за бтис. років до н.е. у неоліті як прикраси (сережки, намисто та ін.). На території України, за археологічними даними золото добували скифи та інші племена в районі теперішнього Нагольного рудного району в Донбасі. Застосування золота різноманітне. Більше 75% золота, що добувається, надходить у вигляді злитків у національні банки держав і служить валютним забезпеченням при міжнародних платежах і розрахунках. Інша частина золота застосовується для виготовлення ювелірних виробів і карбування

ление оруденения в брекчиях неравномерное, более богатые пластообразные залежи антимонита локализованы под экраном глинистых сланцев и приурочены к пологим антиклиналям, осложненными разрывами. На пересечении трещин встречаются жилообразные и линзовидные рудные тела. Главными минералами руд являются антимонит и кварц, второстепенными – пирит, марказит, реальгар, аурипигмент, халькопирит, сфалерит, галенит, флюорит и др. Руда содержит около 5% сурьмы, в ней присутствуют в небольших количествах золото и серебро. Месторождение сформировалось на малых и умеренных глубинах, о чем свидетельствуют брекчиевые текстуры и метаколлоидные структуры.

### 3.4 Благородные металлы

К группе благородных металлов относятся золото, серебро, платина и платиноиды – палладий, иридий, родий, рутений и осмий. Они обладают химической стойкостью и красивым внешним видом в изделиях, что обусловило название этой группы металлов и области их применения.

#### 3.4.1 Золото

Золото начало применяться человеком за бтыс. лет до н.э. в неолите в качестве украшений (сережки, ожерелье и др.). На территории Украины по археологическим данным золото добывали скифы и другие племена в районе теперешнего Нагольного рудного района в Донбассе. Применение золота разнообразно. Более 75% добываемого золота поступает в виде слитков в национальные банки государств и служит валютным обеспечением при международных платежах и расчетах. Остальная часть золота применяется для изготовления ювелирных изделий и чеканки монет, а также для

монет, а також для золочення металів, в електроніці, у хімії і стоматології.

Світові запаси золота на кінець ХХст. склали 98245т, перше місце за розвіданими запасами посідає ПАР (39тис.т), потім - США (8тис.900т) і Росія (8тис.т). Далі йдуть Канада, Австралія, Бразилія (по 4-3тис.т) та інші країни. Видобуток золота в усьому світі за 20 століть склав близько 140тис.т, з яких тільки в ХХст. отримано 100тис.т. Головними золотодобувними країнами є ПАР (428т у 2000г), США (286) і Австралія (296). Далі - КНР (189т), Канада, Індонезія (139-162т кожна) і Росія (170т). У ПАР видобуток золота ведеться в найглибших (до 4000м) у світі підземних виробках. Загальносвітовий щорічний видобуток золота склав наприкінці ХХст. 2480-2550т щорічно. Найбільше великими споживачами золота є країни Азії, особливо Тайвань (10 г золота щорічно на один жителя країни). Якість золота визначається його пробністю, тобто вміст золота в грамах у кілограмі природного самородка чи виробу. Золото може визначатися в каратах, причому один карат дорівнює 1/24 масової частини. Наприклад, 18-каратне золото містить 18 частин чистого золота і 6 частин різних металевих добавок.

Вимоги промисловості до родовищ золота визначаються насамперед вмістом металу в рудах чи розсипах, запасами руд і їхньою якістю. Промисловими вважаються корінні родовища при 1-5г/т і більше золота в рудах, а розсипів з мінімальним вмістом 0,1г/м<sup>3</sup>. Усі корінні родовища золота поділяються на унікальні (більше 1000т), дуже великі (100т і більше), великі (100-50т), середні (50-10т) і дрібні (менше 10т). Запаси дуже великих розсипових родовищ складають більше 50т, великих – 50-25т, середніх 25-1т і

золочення металлов, в електроніке, в хімії і стоматології.

Мировые запасы золота на конец ХХв составили 98245т, первое место по разведанным запасам занимает ЮАР (39тыс.т), затем США (8тыс.900т) и Россия (8тыс.т). Далее следуют Канада, Австралия, Бразилия (по 4-3тыс.т) и другие страны. Добыча золота во всем мире за 20 веков составила около 140тыс.т, из которых только в ХХв получено 100тыс.т. Главными золотодобывающими странами являются ЮАР (428т в 2000г), США (286) и Австралия (296). Далее КНР (189т), Канада, Индонезия (139-162т каждая) и Россия (170т). В ЮАР добыча золота ведется в самых глубоких (до 4000м) в мире подземных выработках. Общемировая ежегодная добыча золота составила в конце ХХв 2480-2550т ежегодно. Наиболее крупными потребителями золота являются страны Азии, особенно Тайвань (10г золота ежегодно на одного жителя страны). Качество золота определяется его пробностью, т.е. содержание золота в грамах в килограмме природного самородка или изделия. Золото может определяться в каратах, причем один карат равен 1/24 массовой части. Например, 18-каратное золото содержит 18 частей чистого золота и 6 частей различных металлических добавок.

Требования промышленности к месторождениям золота определяются, прежде всего, содержанием металла в рудах или россыпях, запасами руд и их качеством. Промышленными считаются коренные месторождения при 1-5г/т и более золота в рудах, а россыпей с минимальным содержанием 0,1г/м<sup>3</sup>. Все коренные месторождения золота делятся на уникальные (более 1000т), весьма крупные (100т и более), крупные (100-50т), средние (50-10т) и мелкие (менее 10т). Запасы весьма крупных россыпных месторождений составляют бо-

дрібних менше 1т золота.

Ціни золота на світовому ринку коливаються в останні роки від 12 до 10\$ за грам. У 2000р. вони знизилися до 9\$ за грам, а у 2004р. знов зросли до 14,5\$ за грам. Кларк золота  $4,5 \cdot 10^{-7}\%$  (4,5мг/т), тобто це один із найбільш рідких елементів земної кори, що знаходиться переважно в стані розсіювання. Відзначається підвищений його вміст в областях розвитку кислого магматизму й у найбільш кислих магматичних породах порівняно з основними. В основних породах відомі значні концентрації золота в парагенезисі з мінералами сульфідних мідно-нікелевих родовищ (Норильськ, Садбері), в інших формаціях магматичних порід золото не концентрується. В осадових породах вміст золота в середньому менший. У ґрунтах, особливо гумусових, вміст металу досягає іноді 0,5г/т: води рік зносять у моря й океани десятки тонн золота щорічно, завдяки чому у Світовому океані утворюється грандіозний запас його, однак технологічний процес раціонального витягу металу ще не розроблений.

Завдяки своїм винятковим властивостям у природі найчастіше зустрічається *самородне* золото металеве, однак переважно в ньому у виді твердого розчину присутні Ag, Cu, Bi, Fe; срібновміщуюче золото (до 50% Ag) називається *електрум*.

Самородне золото утворює прожилки, зерна, дендрити, рідше кристали і їхні зростки. Виділяються самородки золота (більше 5мг чи 10мм по вазі), велике (до 5мм), середнє і дрібне (1 - 0,1мм) і тонкодисперсне (до 10мкм) золото. Самим великим є самородок Плита Холтермана (Австралія), у якому було 92кг чистого золота, у Росії знайдений Великий Трикутник масою 36,2кг. У Нагольному кря-

леє 50т, крупних – 50-25т, середніх 25-1т і мелких менше 1т золота.

Цены золота на мировом рынке колеблются в последние годы от 12 до 10\$ за грамм. В 2000г они снизились до 9\$ за грамм, а в 2004г вновь возросли до 14,5\$ за грамм. Кларк золота  $4,5 \cdot 10^{-7}\%$  (4,5мг/т), т.е. это один из самых редких элементов земной коры, находящийся преимущественно в состоянии рассеяния. Отмечается повышенное его содержание в областях развития кислого магматизма и в самых кислых магматических породах сравнительно с основными. В основных породах известны значительные концентрации золота в парагенезисе с минералами сульфидных медно-никелевых месторождений (Норильск, Садбери), в других формациях магматических пород золото не концентрируется. В осадочных породах содержание золота в среднем меньше. В почвах, особенно гумусовых, содержание металла достигает иногда 0,5г/т: воды рек сносят в моря и океаны десятки тонн золота ежегодно, благодаря чему в Мировом океане образуются грандиозный запас его, однако технологический процесс рационального извлечения металла еще не разработан.

Благодаря своим исключительным свойствам в природе чаще всего встречается *самородное* золото металлическое, однако обычно в нем в виде твердого раствора присутствуют Ag, Cu, Bi, Fe; серебряносодержащее золото (до 50% Ag) называется *електрум*.

Самородное золото образует прожилки, зерна, дендриты, реже кристаллы и их сростки. Выделяется самородки золота (более 5мг или 10г по весу), крупное (до 5мм), среднее и мелкое (1-0,1мм) и тонкодисперсное (до 10мкм) золото. Самым крупным является самородок Плита Холтермана (Австралия), в котором было 92кг чистого золота, в России найден Большой Тре-

жі на Бобриковському родовищі в Донбасі недавно виявлений самородок золота масою 19,5г (3,0x2,0см), найбільше великий з відомих в Україні.

Самородне золото зустрічається часто в парагенезисі з кварцом, піритом, галенітом, халькопіритом, арсенопіритом, бляклими рудами та іншими сульфідами і нерідко утворює у них субмікроскопічну вкрапленість. У практиці таке імпрегніроване золото одержало назву *сульфідного*. Крім самородного золота зустрічаються його телуриди: *сильваніт* ( $AuAgTe_4$ ), *калаверит* ( $AuTe_2$ ), *нагіагіт*  $Au(Pb, Sb, Te)_8(S, Te)_{11}$  та інші мінерали.

Серед родовищ золота прийнято виділяти корінні, розсипові і залишкові. Корінні родовища підрозділяються на: магматичні, пегматитові, скарнові, гідротермальні і метаморфогенні.

У *магматичних родовищах* золото, як уже вказувалося, входить до складу сульфідних мідно-нікелевих руд. Вміст золота в рудах невисокий, але завдяки великим масштабам родовищ загальний видобуток золота тут має істотне значення. Геологічні особливості цих родовищ описані вище.

Виділення золота в *пегматитах* має часто пізнавальний інтерес, і його роль в економіці незначна. Також рідкісні і незначні за масштабами контактово-метасоматичні (*скарнові*) родовища, де золото асоціюється із шеелітом чи вісмутом.

Найбільший практичний інтерес представляють *гідротермальні родовища*, що сформувалися на різних рівнях глибин і при різних температурах. Вони дуже різноманітні за формами тіла, умовами залягання і мінеральним складом руд. До гідротермальних плутоногенних відносяться родовища Уралу (Березовське), Північного сходу Росії, Якутії, Забайкалля, а та-

угольник массой 36,2кг. В Нагольном кряже на Бобриковском месторождении в Донбасе недавно обнаружен самородок золота массой 19,5г (3,0x2,0см), наиболее крупный из известных в Украине.

Самородное золото встречается часто в парагенезисе с кварцем, пиритом, галенитом, халькопиритом, арсенопиритом, бляклыми рудами и другими сульфидами и нередко образует в них субмикроскопическую вкрапленность. В практике такое импрегнированное золото получило название *сульфидного*. Кроме самородного золота встречаются теллуриды его: *сильванит* ( $AuAgTe_4$ ), *калаверит* ( $AuTe_2$ ), *нагіагіт*  $Au(Pb, Sb, Te)_8(S, Te)_{11}$  и другие минералы.

Среди месторождений золота принято выделять коренные, россыпные и остаточные. Коренные месторождения подразделяются на: магматические, пегматитовые, скарновые, гидротермальные и метаморфогенные.

В *магматических месторождениях* золото, как уже указывалось, входит в состав сульфидных медно-никелевых руд. Содержание золота в рудах невысокое, но благодаря большим масштабам месторождений общая добыча золота здесь имеет существенное значение. Геологические особенности этих месторождений описаны выше.

Выделения золота в *пегматитах* имеет часто познавательный интерес, и роль их в экономике незначительна. Также редки и незначительны по масштабам контактово-метасоматические (*скарновые*) месторождения, где золото ассоциируется с шеелитом или висмутом.

Наибольший практический интерес представляют *гидротермальные месторождения*. Сформировавшиеся на разных уровнях глубин и при различных температурах, они весьма разнообразны по формам тела, условиям залегания и ми-

кож Узбекистану (Мурунтау). Найбільше відомими великими і дуже великими скупченнями золота з запасами 500-1200т є Колар (Індія), Хоумстейк (США), Хемлю (Канада), Бендиго (Австралія) і деякі інші.

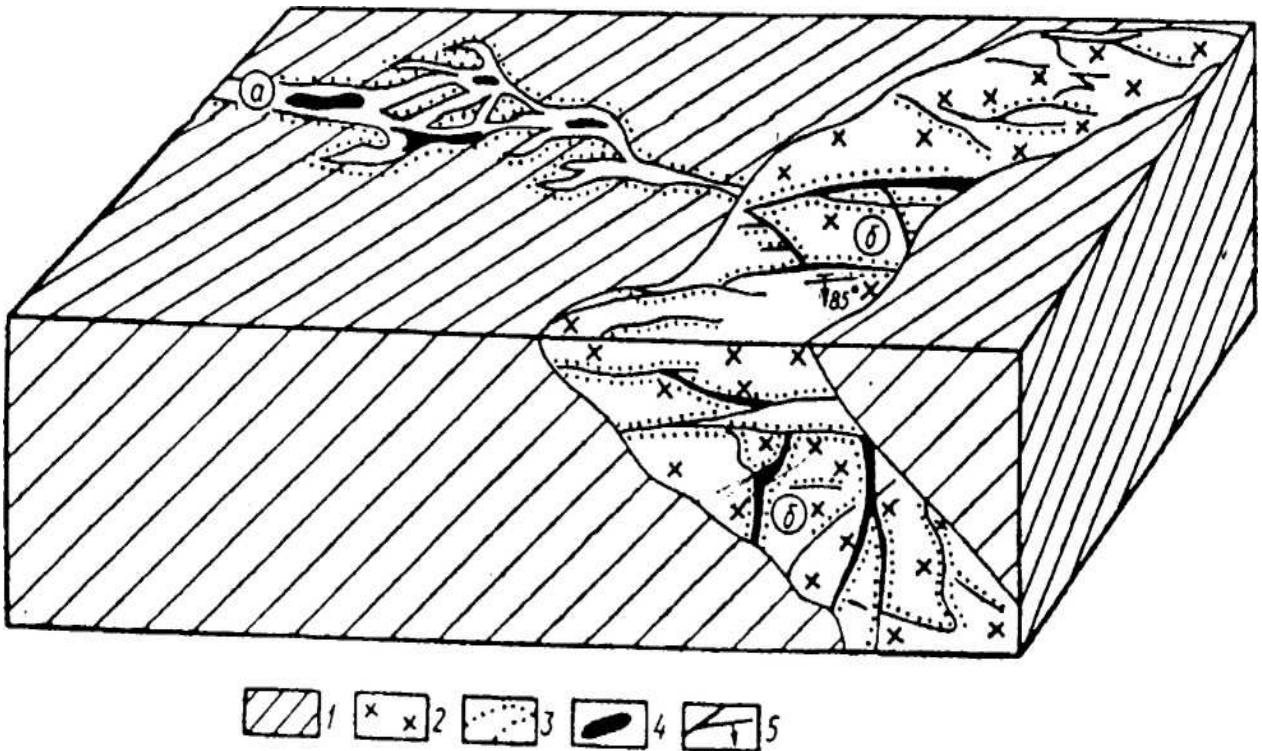
*Березовське родовище*, відкрите на Уралі в 1747р. Воно складено кремнисто-глинистими сланцями і різними вулканогенними породами, прорваними дайками плагіограніт-порфірами. У тісному просторовому зв'язку з дайками знаходяться кварцові золоторудні жили. За формою й умовами залягання виділяються *смугові*, що належать до даек (смуг), і *красичні*, пологопадаючі жили серед сланців. Смугові жили не виходять за межі даек, розташовуючись майже перпендикулярно до їхніх контактів. У плані утворюється малюнок, що нагадує сходи, за що жили одержали назву сходових (мал.3.29). Красичні жили відрізняються значним протягом і гіллястою будовою. Золото асоціюється із сульфідами і входить до кількох мінеральних асоціацій.

Найбільше важливе промислове значення мають гідротермальні плутоно- і вулканогенні, метаморфогенні і розсіпові родовища золота. До гідротермальних плутоногенних відносяться родовища Уралу (Березовське) Північного сходу Росії, Якутії, Забайкалля, а також Узбекистану (Мурунтау).

неральному составу руд. К гідротермальним плутоногенним относятся месторождения Урала (Березовское), Северо-Востока России, Якутии, Забайкалья, а также Узбекистана (Мурунтау). Наиболее известными крупными и весьма крупными скоплениями золота с запасами 500-1200т являются Колар (Индия), Хоумстейк (США), Хемлю (Канада), Бендиго (Австралия) и некоторые другие.

*Березовское месторождение*, открытое на Урале в 1747г сложено кремнисто-глинистыми сланцами и различными вулканогенными породами, прорванными дайками плагиогранит-порфирами. В тесной пространственной связи с дайками находятся кварцевые золоторудные жилы. По форме и условиям залегания выделяются *полосовые*, приуроченные к дайкам (полосам), и *красичные*, пологопадающие жилы среди сланцев. Полосовые жилы не выходят за пределы даек, располагаясь почти перпендикулярно их контактам. В плане образуется рисунок, напоминающий лестницу, за что жилы получили название лестничных (рис.3.29). Красичные жилы отличаются значительным протяжением и ветвистым строением. Золото ассоциируется с сульфидами и входит в несколько минеральных ассоциаций.

Наиболее важное промышленное значение имеют гидротермальные плутоно- и вулканогенные, метаморфогенные и россыпные месторождения золота. К гидротермальным плутоногенным относятся месторождения Урала (Березовское) Северо-Востока России, Якутии, Забайкалья, а также Узбекистана (Мурунтау).



Мал. 3.29. Блок-діаграма розташування дайки, красичних (а) і смугових (б) жил Березовського родовища (за матеріалами М.Б. і Н.И. Бородаєвських):

1 - сланці; 2 - дайки плагіограніт-порфіра; 3 - березитизовані зони; 4 - гнізда сульфидів;  
5 - кварцово-сульфидні золотоносні жили.

Рис. 3.29. Блок-діаграма розташування дайки, красичних (а) і смугових (б) жил Березовського родовища (по матеріалам М.Б. і Н.И.Бородаєвських):

1 – сланцы; 2 – дайки плагиогранит-порфира; 3 – березитизированные зоны; 4 – гнезда сульфидов;  
5 – кварцево-сульфидные золотоносные жилы.

*Родовище Мурунтау* відноситься до глобальної металогенічної структури – Донбас-Тянь-Шаньського рудного поясу і розташовується серед складчато залягаючих піщано-сланцевих порід пізньопротерозойського-ранньопалеозойського віку. Складчате залягання рудовміщуючих порід Мурунтаунської антикліналі і Південній синкліналі ускладнено розламами. Золото сконцентроване у великому рудному штокверку, де виділяється три головні поклади і ряд більше дрібних золоторудних скупчень. У межах штокверку розвинуто ороговіковування порід. Поклади складаються з круто- і пологопадаючих кварцово-жильних і прожилкових зон. Крутопадаючі зони в роздувах мають розміри до 15-20м і характеризуються високим вмістом золота. Рудна мі-

*Месторождение Мурунтау* приурочено к глобальной металлогенической структуре – Донбасс-Тянь-Шаньскому рудному поясу и располагается среди складчато залегающих песчано-сланцевых пород позднепротерозойского-раннепалеозойского возраста. Складчатое залегание рудовмещающих пород Мурунтаунской антиклинали и Южной синклинали осложнено разломами. Золото сконцентрировано в крупном рудном штокверке, где выделяется три главные залежи и ряд более мелких золоторудных скоплений. В пределах штокверка развито ороговикование пород. Залежи состоят из круто- и пологопадающих кварцево-жильных и прожилковых зон. Крутопадающие зоны в раздувах имеют размеры до 15-20м и характеризуются высоким содержанием золота. Рудная минерализация представлена мел-

нералізація представлена дрібним золотом високої проби (890-910), піритом, арсенопіритом, а також іншими сульфідами, кількість яких у середньому складає 0,5-1,5%. Переважним нерудним мінералом є кварц, у невеликій кількості зустрічаються калієві польові шпати, кальцит, біотит, альбіт. У катаклазованих ділянках сульфідів золото зустрічається у виді округлих зерен, дендритів і коротких прожилків. У ньому містяться домішки срібла, міді, вісмуту, свинцю, миш'яку. Золото виділилося з гідротермальних розчинів плутоногенного характеру на глибинах до 5км у заключній стадії мінералізації. Родовище Мурунтау і прилягаючі до нього ділянки є головною золоторудною базою Узбекистану, видобуток якого склало 86т золота в 1999р. (XI місце у світі).

На північно-західному продовженні вищевказаного глобального рудного поясу розташовується Бобриковське золоторудне родовище в Донбасі, що має багато подібних структурних, мінералого-геохімічних та інших особливостей з родовищем Мурунтау,

У межах Українського щита, що простягнувся майже на 1000км із заходу на схід при ширині до 350км, за останні роки виявлені численні рудопрояви і шість родовищ золота. Вони пов'язані з зеленокаменними поясами ми архей-протерозойського віку, а також зонами розломів у гнейсах і мигматитах. Найбільше вивчені родовища Західного Приазов'я, Середньої Наддніпряниці і Кіровоградського блоку, схожі до відомих на інших щитах світу великими родовищами золота (Калгурли в Австралії, Колар в Індії та інших).

*Клинцовське родовище* - одне з перспективних на Українському щиті – роз-

ким золотом високої проби (890-910), піритом, арсенопіритом, а також іншими сульфідами, кількість яких у середньому складає 0,5-1,5%. Преобладаючим нерудним мінералом є кварц, в невеликому кількості зустрічаються калієві польові шпати, кальцит, біотит, альбіт. В катаклазованих ділянках сульфідів золото зустрічається в виді округлих зерен, дендритів і коротких прожилків. В ньому містяться домішки срібла, міді, висмута, свинцю, миш'яка. Золото виділилося з гідротермальних розчинів плутоногенного характеру на глибинах до 5км в заключительних стадіях мінералізації. Месторождение Мурунтау і прилегальні до нього ділянки є головною золоторудною базою Узбекистана, добыча которого составила 86т золота в 1999г (XI место в мире).

На северо-западном продолжении вышеуказанного глобального рудного пояса располагается Бобриковское золоторудное месторождение в Донбассе, имеющее много сходных структурных, минералогическо-геохимических и иных особенностей с месторождением Мурунтау.

В пределах Украинского щита, протянувшегося почти на 1000км с запада на восток при ширине до 350км, за последние годы выявлены многочисленные рудопроявления и шесть месторождений золота. Они связаны с зеленокаменными поясами архей-протерозойского возраста, а также зонами разломов в гнейсах и мигматитах. Наиболее изучены месторождения Западного Приазовья, Среднего Приднепровья и Кировоградского блока, сходные с известными на других щитах мира крупными месторождениями золота (Калгурли в Австралии, Колар в Индии и других).

*Клинцовское месторождение* - одно из перспективных на Украинском щите – расположено вблизи Кировограда и кон-



ташовано поблизу Кіровограда і контролюється окварцованими гнейсами докембрія. Мінералізована зона належить до однієї з галузей Кіровоградського глибинного розлому і простежена на 2км при середній потужності 42м. У цій зоні виділено шість рудних тіл із прожилково-вкрапленим високопробним самородним золотом, супроводжуваним сульфідами (арсенопірит, піротин, пірит та ін.), середній вміст золота в рудах родовищах 5-6г/т.

До *вулканогенних гідротермальних* родовищ відносяться близькоповерхневі руди золота, локалізовані у вулканогенних структурах і кальдерах серед дацит-андезит-ріолітових порід. Це, як правило, низькотемпературні родовища із складним мінералогічним складом руд і значною кількістю срібла. Родовища цього типу розвинуті в Закарпатті (Україна), Забайкалі, Магаданській області, Алтаї (Росія), США, Перу та інших місцях.

У Закарпатті виявлені три рудних поля: Береговське, Беганське і Квасовське. У межах Береговського рудного поля, де золото епізодично добувалося з XVIIст., розвідане Мужиевське золото-поліметалеве родовище. З 1999р. тут розпочата промислова розробка золота. Зручення жильного і прожилково-вкрапленого типів, відноситься до палеовулканітів андезит-ліпаритового типу неогену, що прориває більше древні породи юри і палеозою. Тут виявлено 50т золота, 800т срібла, 400тис.т свинцю і 800тис.т цинку. Руди, що добуваються, утримуючі близько 6г/т, збагачуються гравітаційним способом, і з їхнього концентрату витягається золото.

*Сильвертон-Телурид* (США) – це рудне поле, що складається з декількох родовищ, де було добуто 245т золота. Воно

тролюється окварцованими гнейсами докембрія. Мінералізована зона приурочена к одной из ветвей Кіровоградського глибинного розлому і прослежена на 2км при середній потужності 42м. В этой зоне выделено шесть рудных тел с прожилково-вкрапленным высокопробным самородным золотом, сопровождаемым сульфидами (арсенопирит, пирротин, пирит и др.), среднее содержание золота в рудах месторождениях 5-6г/т.

К *вулканогенным гидротермальным* месторождениям относятся близповерхностные руды золота, локализованные в вулканогенных структурах и кальдерах среди дацит-андезит-риолитовых пород. Это обычно низкотемпературные месторождения со сложным минералогическим составом руд и значительным количеством серебра. Месторождения этого типа развиты в Закарпатье (Украина), Забайкалье, Магаданской области, Алтае (Россия), США, Перу и других местах.

В Закарпатье выявлены три рудных поля: Береговское, Беганское и Квасовское. В пределах Береговского рудного поля, где золото эпизодически добывалось с XVIIв, разведано Мужиевское золотополиметаллическое месторождение. С 1999г здесь начата промышленная разработка золота. Оруденение жильного и прожилково-вкрапленного типов, приурочено к палеовулканитам андезит-липаритового типа неогена, прорывающим более древние породы юры и палеозоя. Здесь выявлено 50т золота, 800т серебра, 400тис.т свинца и 800тис.т цинка. Добываемые руды, содержащие около 6г/т, обогащаются гравитационным способом, и из их концентрата извлекается золото.

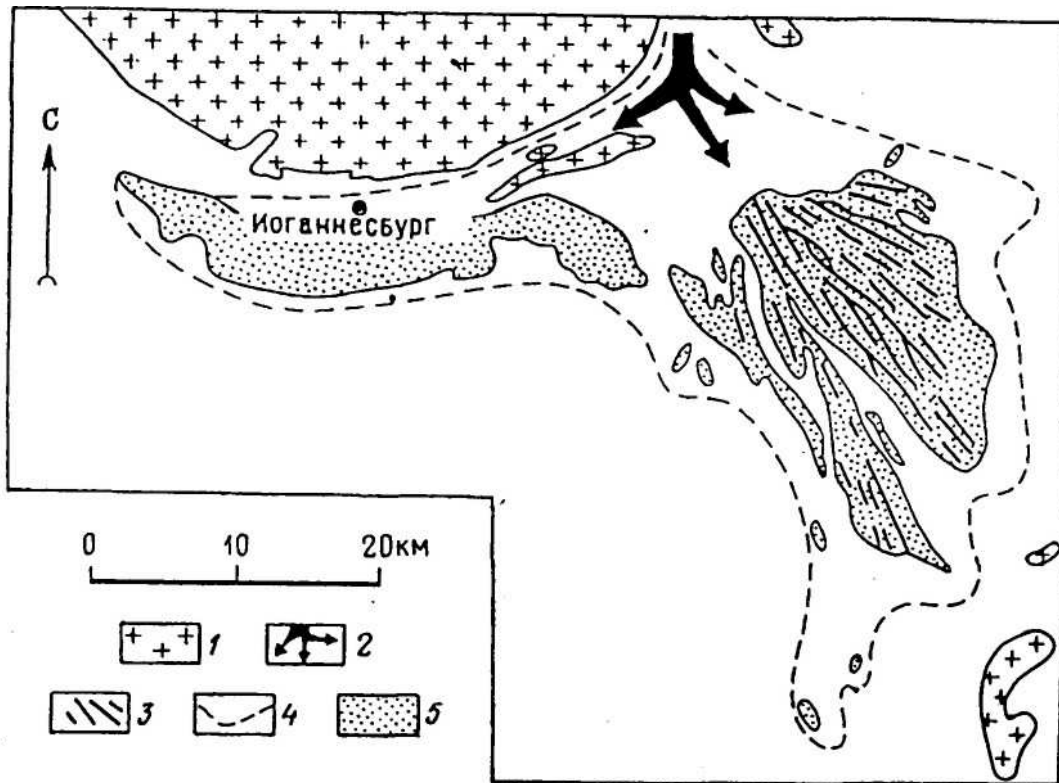
*Сильвертон-Телурид* (США) – это рудное поле, состоящее из нескольких месторождений, где было добыто 245т золота.

утворено пізньомезозойськими лавами і пірокластами дацит-ріолітового складу, що прорвані трубоподібними тілами еруптивних брекчій. Характерною рисою рудного поля є приуроченість родовищ до кальдери Сильвертон. У межах кальдери і її найближчому обрамленні виявлено вісім родовищ, представлених жилами, що при потужності 1-2м простежені до 3км, а також штокверками. Мінерали руд представлені золотом у кварці разом з калаверитом та іншими телуридами, а також сульфідами, кальцитом, флюоритом та ін. Розміри золотин у тріщинах до 1мм, як правило воно представлено дрібними і тонкодисперсними виділеннями. Вміст золота на родовищах рудного поля високий (до 50г/т), срібла в 10-100 разів більше. Срібло міститься в сульфосолях, пруститі, аргентиті і срібноносних бляклих рудах.

*Метаморфогенні родовища золота є головним його промисловим типом. Серед них виділяється Вітватерсранд, що є найбільшим золоторудним районом світу, тут рудна мінералізація встановлена на площі 350х200км. У основі стратиграфічного розрізу розташовані архейські гранітогнейси, перекриті протерозойськими конгломератами, кварцитами і сланцями, що перемежуються з ефузивами. У цій золотоносній товщі Вітватерсранда виділяються пачки зближених пластів рудоносних конгломератів - рифів. Потужність окремих пластів рудоносних конгломератів 1-3м, а рифів від 30 до 400м, довжина їх по простяганню – до 70км (риф Лідер та ін., мал.3.30).*

Оно сложено позднемезозойськими лавами и пирокластами дацит-риолитового состава, которые прорваны трубообразными телами эруптивных брекчий. Характерной особенностью рудного поля является приуроченность месторождений к кальдере Сильвертон. В пределах кальдери и её ближайшем обрамлении выявлено восемь месторождений, представленных жилами, которые при мощности 1-2м прослежены до 3км, а также штокверками. Минералы руд представлены золотом в кварце вместе с калаверитом и другими теллуридами, а также сульфидами, кальцитом, флюоритом и другими. Размеры золотин в трещинах до 1мм, обычно оно представлено мелкими и тонкодисперсными выделениями. Содержание золота на месторождениях рудного поля высокое (до 50г/т), серебра в 10-100 раз больше. Серебро содержится в сульфосолях, прустите, аргентите и сереброносных бляклых рудах.

*Метаморфогенные месторождения золота являются главным его промышленным типом. Среди них выделяется *Витватерсранд*, являющийся крупнейшим золоторудным районом мира, здесь рудная минерализация установлена на площади 350х200км. В основании стратиграфического разреза расположены архейские гранитогнейсы, перекрытые протерозойскими конгломератами, кварцитами и сланцами, перемежающиеся с эффузивами. В этой золотоносной толще Витватерсранда выделяются пачки сближенных пластов рудоносных конгломератов, называемых рифами. Мощность отдельных пластов рудоносных конгломератов 1-3м, а рифов от 30 до 400м, протяженность их по простиранию – до 70км (риф Лидер и др., рис.3.30).*



Мал. 3.30. Віялоподібний басейн Вітватерсранда (по Д. Преторіусу):

1 - граніти основи; 2 - напрямок привносу рудного матеріалу; 3 - струмені, збагачені золотом уздовж древніх потоків; 4 - межа рифа Лідер; 5 - відпрацьовування в межах рифа Лідер.

Рис. 3.30. Веерообразный бассейн Витватерсранда (по Д.Преториусу):

1 – граниты основания; 2 – направление привноса рудного материала; 3 – струи, обогащенные золотом вдоль древних потоков; 4 – граница рифа Лидер; 5 – отработка в пределах рифа Лидер.

Рудна мінералізація концентрується в цементі конгломератів, складених на 80% окатаною галькою кварцу чи кварциту. Цемент має кварц-біотит-хлоритовий склад і містить вуглисту речовину. Установлено більш 70 мінералів, у тому числі золото у виді дрібних уламків у цементі, а також у сульфідах (піриті, піротині та ін.). Вміст золота в рудах 8-20 і навіть до 3000г/т, пробність 900-935. Зустрічається самородне срібло, калаверит, платина і платиноїди, а також уранова мінералізація (уранініт, тухоліт та ін.). Кількість урану близько 0,03%  $U_3O_8$ , є і більше багаті руди (0,22-0,34%). Значна частина дослідників вважає, що конгломерати Вітватерсранда відклалися в конусах виношення рік у прибережній зоні. Перевідкладення золота й урану відбувалося неодноразово, тому що кластогенні мінерали мають вік 3100млн. років, а епігенетичні

Рудная минерализация концентрируется в цементе конгломератов, сложенных на 80% окатанной галькой кварца или кварцита. Цемент кварц-биотит-хлоритового состава, содержащий углистое вещество. Установлено более 70 минералов, в том числе золото в виде мелких обломков в цементе, а также в сульфидах (пирите, пирротине и др.). Содержание золота в рудах 8-20 и даже до 3000г/т, пробность 900-935. Встречается самородное серебро, калаверит, платина и платиноиды, а также урановая минерализация (уранинит, тухолит и др.). Количество урана около 0,03%  $U_3O_8$ , есть и более богатые руды (0,22-0,34%). Большая часть исследователей считает, что конгломераты Витватерсранда отлагались в конусах выноса рек в прибрежной зоне. Переотложение золота и урана происходило неоднократно, т.к. кластогенные минералы имеют возраст 3100млн. лет, а эпигенетические около

близько 2000млн. років. З руд цього найбільшого в світі родовища золота було витягнуто в 1884-1978рр. 34600т золота, 1500т срібла, 1500т платиноїдів, а також 100тис. урану (1950-1980рр.). Рудні тіла розкриті гірськими виробками на глибинах 3600м, а свердловинами простежені до 4600м. Родовища меншого масштабу подібного осадово-метаморфогенного типу протерозойського віку встановлені в Канаді, Бразилії та інших місцях. Їхня унікальність визначається значними розмірами і комплексним складом руд (Au, U, Ag, Pt).

*Розсипові родовища* поширені практично у всіх золоторудних районах світу, з них добувається в різних країнах до 50% золота. Воно концентрується в різних за своїм походженням розсипах, серед яких найбільше практичне значення мають алювіальні і прибережно-морські розсипи.

*Алювіальні розсипи* Бодайбинського (Ленського) району були найбільшими у світі. Розсип Бодайбо витягнутий на 80км при довжині самої ріки Бодайбо, що впадає в р. Витим, 90км. Район представляє собою глибоко розчленоване нагір'я з глибиною долин 200-500м. У долині р. Бодайбо встановлено вісім терас. Найбільше великі розсипи є похованими. Джерелом золота служили чорносланцеві товщі протерозою з прожилково-вкрапленим зруденінням золота і сульфідів. Золото в розсипах Бодайбинського району велике (2-4мм), зустрічаються самородки.

Алювіальні розсипи широко розвинуті в інших місцях Сибіру, Якутії, Приамур'я, Північного сходу Росії, а також в КНР, Бразилії та інших країнах.

*Прибережно-морські розсипи* як правило містять дрібне і тонке золото, що має здатність переміщуватися ріками на

2000млн. лет. Из руд этого самого крупного в мире месторождения золота было извлечено в 1884-1978г.г 34600т золота, 1500т серебра, 1500т платиноидов, а также 100тыс. урана (1950-1980г.г). Рудные тела вскрыты горными выработками на глубинах 3600м, а скважинами прослежены до 4600м. Месторождения меньшего масштаба подобного осадочно-метаморфогенного типа протерозойского возраста установлены в Канаде, Бразилии и других местах. Их уникальность определяется значительными размерами и комплексным составом руд (Au, U, Ag, Pt).

*Россыпные месторождения* распространены практически во всех золоторудных районах мира, из них добывается в разных странах до 50% золота. Оно концентрируется в различных по своему происхождению россыпях, среди которых наибольшее практическое значение имеют аллювиальные и прибрежно-морские россыпи.

*Аллювиальные россыпи* Бодайбинского (Ленского) района являлись самыми крупными в мире. Россыпь Бодайбо вытянута на 80км при длине самой реки Бодайбо, впадающей в р.Витим, 90км. Район представляет собой глибоко расчлененное нагорье с глубиной долин 200-500м. В долине р.Бодайбо встановлено восемь террас. Наиболее крупные россыпи являются погребенными. Источником золота служили черносланцевые толщи протерозоя с прожилково-вкрапленным оруденением золота и сульфидов. Золото в россыпях Бодайбинского района крупное (2-4мм), встречаются самородки.

Аллювиальные россыпи широко развиты в других местах Сибири, Якутии, Приамурье, Северо-Востока России, а также встречены в КНР, Бразилии и др. странах.

*Прибережно-морские россыпи* обычно содержат мелкое и тонкое золото, обла-

багато десятків і перших сотень кілометрів. Найбільше типовим представником цього типу золота є *родовище Ном* на Алясці (США). Воно утворено з делювіальних відкладень, частково перемитих у пляжні розсипи. Золотоносна смуга витягнута вздовж узбережжя Берингова моря на 25км при ширині до 10км. Довжина окремих розсипів 1-2км, ширина 100-150м. Потужність золотоносного шару до 1,5м. Вміст золота від 100 до 1000мг/м<sup>3</sup>. На родовищі добыто 155т золота.

Останнім часом геологами встановлена золотоносність морських опадів. Роботами Є.Ф.Шнюкова золото виявлене в осадах Азовського моря. Золотини мають розміри в основному 0,01-0,67мм, лише іноді 0,15мм. Золотоносна площа простягається від Таганрозької затоки до Бердянської коси і далі до заходу, отже можна говорити про Азовську розсипову золотоносну провінцію з великими запасами золота.

### 3.4.2 Срібло

Срібло, як і золото, використовується з доісторичних часів (поділ срібла і золота в Єгипті було відоме вже в 2000р. до н.е.). На даний час 2/3 срібла, що добувається, застосовується для технічних цілей (фотографія, електротехніка і хімічна промисловість), а також для виготовлення прикрас і предметів мистецтва. Срібло є найважливішим валютним металом. Запаси срібла оцінюються у 800тис.т, з них у США 88тис.т, Польщі 81т, Мексиці і Канаді по 60т. Великі запаси срібла є в Австралії, Болівії, Перу, ПАР, Чилі, Росії. Наприкінці ХХст. сумарний видобуток срібла у світі складав близько 18тис.т (Мексика – 2,9тис.т, Пе-

дающее способностью перемещаться реками на многие десятки и первые сотни километров. Наиболее типичным представителем этого типа золота является месторождение Ном на Аляске (США). Оно образовано из делювиальных отложений, частично перемытых в пляжные россыпи. Золотоносная полоса вытянута вдоль побережья Берингового моря на 25км при ширине до 10км. Длина отдельных россыпей 1-2км, ширина 100-150м. Мощность золотоносного пласта до 1,5м. Содержание золота от 100 до 1000мг/м<sup>3</sup>. На месторождении добыто 155т золота.

В последние годы геологами установлена золотоносность морских осадков. Работами Е.Ф.Шнюкова золото обнаружено в осадках Азовского моря. Золотини имеют размеры в основном 0,01-0,67мм, лишь иногда 0,15мм. Золотоносная площадь протягивается от Таганрогского залива до Бердянской косы и далее к западу, так что можно говорить об Азовской россыпной золотоносной провинции с крупными запасами золота.

### 3.4.2 Серебро

Серебро, как и золото, используется с доисторических времен (разделение серебра и золота в Египте было известно уже в 2000г до н.э.). В настоящее время <sup>2</sup>/<sub>3</sub> добываемого серебра применяется для технических целей (фотография, электротехника и химическая промышленность), а также для изготовления украшений и предметов искусства. Серебро является важнейшим валютным металлом. Запасы серебра оцениваются в 800тыс.т, из них в США 88тыс.т, Польше 81т, Мексике и Канаде по 60т. Крупные запасы серебра имеются в Австралии, Боливии, Перу, ЮАР, Чили, России. В конце ХХв суммарная добыча серебра в мире составляла около 18тыс.т

ру – 2,0, США – 2,0, Австралія – 2,1 та ін.). Вимоги промисловості до срібних руд залежать від типу родовищ. Для власне срібних родовищ кількість металу повинна бути не менше 100г/т. З комплексних родовищ срібло добувають при більш низькому вмісті (10-100г/т). Дуже великими є родовища з запасами 10000-30000т і вище, великими і середніми – до 3000-1000т, дрібними вважаються родовища з запасами 100-300т срібла. Ціни на срібло наприкінці 90 років ХХст. мали тенденцію до росту від 0,18 до 0,26\$ за 1р, у 2004 р. склали 0,3\$. Кларк срібла складає  $6 \cdot 10^{-6}\%$ .

У геохімічному відношенні срібло більше рухливе в порівнянні з золотом. Це виявляється чітко в умовах осадового кругообігу, де срібло на відміну від золота може переміщатися у виді карбонату.

Найважливіші родовища срібла відносяться до гідротермальних, серед яких виділяються такі групи:

- а) Pb-Zn-Ag (Фрейберський тип)
- б) Sn-Ag-Bi (Болівійський тип)
- в) Bi-Co-Ni-Ag-U (П'ятиелементна формація)
- г) Au-Ag (Мексиканський тип)
- д) Cu-As (тип Бьютт)

До групи а) відносяться відомі свинцево-цинкові родовища, що є одночасно джерелами срібла (переважно як супутний компонент). Як типовий приклад можливо назвати Фрейберське жильне рудне поле – найдавніший срібний район Середньої Європи. Найважливішими срібноносними тут є жильні кварцові колчеданно-поліметалеві тіла з галенітом як головного носія срібла і карбонатні поліметалеві з фрейбергітом, піраргіритом, аргентитом і самородним сріблом.

Дуже багаті сріблом свинцево-цинкові

(Мексика – 2,9тис.т, Перу – 2,0, США – 2,0, Австралія – 2,1 и др. страны). Требования промышленности к серебряным рудам зависят от типа месторождений. Для собственно серебряных месторождений количество металла должно быть не менее 100г/т. Из комплексных месторождений серебро извлекают при более низких содержаниях (10-100г/т). Весьма крупными являются месторождения с запасами 10000-30000т и выше, крупными и средними – до 3000-1000т, мелкими считаются месторождения с запасами 100-300т серебра. Цены на серебро в конце 90 годов ХХв имели тенденцию к росту от 0,18 до 0,26\$ за 1г, в 2004г составили 0,3\$/г. Кларк серебра составляет  $6 \cdot 10^{-6}\%$ .

В геохимическом отношении серебро более подвижно по сравнению с золотом. Это проявляется отчетливо в условиях осажденного кругооборота, где серебро в отличие от золота может перемещаться в виде карбоната.

Важнейшие месторождения серебра относятся к гидротермальным, среди которых выделяются такие группы:

- а) Pb-Zn-Ag (Фрейбергский тип)
- б) Sn-Ag-Bi (Боливийский тип)
- в) Bi-Co-Ni-Ag-U (Пятиэлементная формація)
- г) Au-Ag (Мексиканский тип)
- д) Cu-As (тип Бьютт)

К группе а) относятся известные свинцево-цинковые месторождения, являющиеся одновременно источниками серебра (преимущественно в качестве попутного компонента). В качестве типичного примера можно назвать Фрейбергское жильное рудное поле – древнейший серебряный район Средней Европы. Важнейшими сереброносными здесь являются жильные кварцевые колчеданно-полиметаллические тела с галенитом в качестве главного носителя серебра и карбонатные полиметаллические с фрейбергітом, піраргіритом, ар-

жили Картагана і Мазаррон в Іспанії (до 1500г/т у руді, що добувається.). Велике значення у світовому видобутку срібла мало жильне рудне поле Керд'Ален у штаті Айдахо США (головний мінерал - фрейбергіт) і родовище метасоматичного заміщення Трепча в Югославії (головні мінерали – піротин, халькопірит, сфалерит і галеніт) із вмістом срібла 100г/т у руді.

Срібно-поліметалевим є одне з найбільших у Росії *Дукатське родовище* в Магаданській області. Воно розташовано в межах ранньомелового рифта Охотсько-Чукотського вулканічного поясу. Розробляється з 1976р. Родовище представлене мінералізованими зонами потужністю 10-20м довжиною до 1200м і рудними жилами до 2м потужності, приналежними до купольної структури ріолітів і їхніх туфів. Головні рудні мінерали – аргентит, самородне срібло, електрум, сульфосоли срібла і сульфід свинцю, цинку, інших кольорових металів.

До групи б) відноситься Болівійська оловорудна провінція Кордильєрської системи, що є одночасно багатою срібною провінцією (переважно субвулканічного типу). Унікальним олово-срібним родовищем Південної Америки (Болівія) є Потосі, де з 1545р. добуто більше 30000т срібла. Багаті жили із вмістом до 3000г/т срібла в основному відпрацьовані, але дуже значні запаси цього металу знаходяться в рудах середніх і низьких сортів. Крім того, на більше глибоких горизонтах залягають промислові руди олова з вольфрамом, сурмою і в'єсмутом. Родовище знаходиться на схилі гори висотою 4688м. воно відноситься до штока кварцових порфірів (ріоліто-дацитів) розміром 1700x1200м, що прориває вулканогенно-осадові породи третинного віку.

гентитом і самородним срібром.

Очень богаты серебром свинцово-цинковые жилы Картагана и Мазаррон в Испании (до 1500г/т в добываемой руде). Большое значение в мировой добыче серебра имело жильное рудное поле Керд'Ален в штате Айдахо США (главный минерал – фрейбергит) и месторождение метасоматического замещения Трепча в Югославии (главные минералы – пирротин, халькопирит, сфалерит и галенит) с содержанием серебра 100г/т в добываемой руде.

Серебро-полиметаллическим является одно из крупнейших в России *Дукатское месторождение* в магаданской области. Оно расположено в пределах раннемелового рифта Охотско-Чукотского вулканического пояса. Разрабатывается с 1976г. Месторождение представлено минерализованными зонами мощностью 10-20м протяженностью до 1200м и рудными жилами до 2м мощности, приуроченными к купольной структуре риолитов и их туфов. Главные рудные минералы – аргентит, самородное серебро, электрум, сульфосоли серебра и сульфиды свинца, цинка, других цветных металлов.

К группе б) относится Боливийская оловорудная провинция Кордильерской системы, являющаяся одновременно богатой серебряной провинцией (преимущественно субвулканического типа). Уникальным олово-серебряным месторождением Южной Америки (Боливия) является Потоси, где с 1545г добыто более 30000т серебра. Богатые жилы с содержанием до 3000г/т серебра в основном отработаны, но весьма значительные запасы этого металла находятся в рудах средних и низких сортов. Кроме того, на более глубоких горизонтах залегают промышленные руды олова с вольфрамом, сурьмой и в'єсмутом. Месторождение находится на склоне горы высотой 4688м. Оно

Рудні жили довжиною до 350-700м і потужністю від 5см до 1-1,5м належать, в основному, до штока кварцових порфірів і частково вміщуючих його порід, у тому числі глинистих сланців, що залягають у основі розрізу палеозойських глинистих сланців. Для родовища характерна вертикальна мінералогічна зональність: на верхніх горизонтах розвинуті руди срібла (піраргірит, прустит й інші мінерали), із глибиною починають переважати станін, вісмутин, вольфрамін, буланжерит та інші мінерали. Навколорудні зміни виражаються в окварцовуванні (на верхніх горизонтах), серицитизації і аргилізації більше нижніх. Вміст олова в середньому доходить до 4%, так що родовище характерне багатством своїх комплексних руд. Родовища Болівійського типу відомі також у Забайкальї та інших місцях.

До групи в) належать жильні родовища західного і центрального району Рудних гір (Шнеєберг, Йоганнгеоргенштадт, Аннаберг-Буххольц, Мариєнберг та ін.). У більшості жил тут спостерігається добре розвинута зональність: срібло у верхніх ділянках; кадмій, нікель і вісмут у середніх ділянках, уран і залізо – у нижніх. Рудопрояви в районі Кобальт (Канада) є дуже важливим джерелом срібла, що зустрічається тут разом з кобальтом. Іншим важливим срібним родовищем даного типу є Конгсберг (Норвегія). Концентрація срібла пов'язана тут із кварцовими сульфідвміщуючими жилами.

Група г) включає субвулканічні золоторудні родовища, що одночасно є важливими джерелами срібла (Au:Ag~1:40). Сюди відносяться знамениті золото-срібні родовища Мексики, які можна розглядати як одну з найбільше багатих сріблом країн. Вміст золота в рудах складає 40г/т, срібла – 200г/т. Важливе значення

приурочено к штоку кварцевых порфиров (риолито-дацитов) размером 1700x1200м, который прорывает вулканогенноосадочные породы третичного возраста. Рудные жилы длиной до 350-700м и мощностью от 5см до 1-1,5м приурочены, в основном, к штоку кварцевых порфиров и частично вмещающих его пород, в том числе залегающих в основании разреза палеозойских глинистых сланцев. Для месторождения характерна вертикальная минералогическая зональность: на верхних горизонтах развиты руды серебра (пираргирит, прустит и др. минералы), с глубиной начинают преобладать станнин, висмутин, вольфрамит, буланжерит и другие минералы. Околорудные изменения выражаются в окварцевании (на верхних горизонтах), серицитизацией и аргиллизацией более нижних. Содержание олова в среднем доходит до 4%, так что месторождение характерно богатством своих комплексных руд. Месторождения Боливийского типа известны также в Забайкалье и других местах.

К группе в) принадлежат жильные месторождения западного и центрального района Рудных гор (Шнеєберг, Йоганнгеоргенштадт, Аннаберг-Буххольц, Мариєнберг и др.). В большинстве жил здесь наблюдается хорошо развитая зональность: серебро в верхних участках; кадмий, никель и висмут в средних участках, уран и железо – в нижних. Рудопроявления в районе Кобальт (Канада) является очень важным источником серебра, которое встречается здесь вместе с кобальтом. Другим важным серебряным месторождением данного типа является Конгсберг (Норвегия). Концентрация серебра связана здесь с кварцевыми сульфидсодержащими жилами.

Группа г) включает субвулканические золоторудные месторождения, которые одновременно являются важными источниками



мають також золото-срібні жили родовища Комсток у штаті Техас (США), що часто переходять із глибиною у свинцево-цинкові жили.

У групі д) значні концентрації срібла містяться в межах рудного поясу Кордильєр. До них відносяться, наприклад, жильні родовища Б'ютт у штаті Монтана (США), контактово-метасоматичні утворення Каманеа (Мексика), представлені іноді зонами вкрапленості, родовище Піларес-Мина (Мексика), а також родовища Серро-де-Паско і Морокоча в Перу.

Крім гідротермальних родовищ срібло іноді міститься в підвищених кількостях (до 130г/т) у власне магматичних мідно-нікелевих рудах (Норильський район), а також у скарнах сульфідних родовищ (Санта-Єввалія, Мексика), де до 600-850г/т срібла.

Серед екзогенних утворень, насамперед, варто назвати срібні концентрації зон цементації сульфідних родовищ. У зоні їхнього окислювання срібло у виді сульфату легко переходить у розчин і випадає надалі у виді самородного срібла чи сульфїду нижче від зони ґрунтових вод. Такі багаті зони цементації в багатьох рудних районах (Рудні гори, Ледвілл, Брокен-Хілл, Б'ютт та ін.) на початку гірничих робіт мали велике господарське значення.

Часто срібло концентрується разом з міддю й ураном в аридних червоноколірних породах. Срібні руди (головним чином, аргентит, піраргірит і самородне срібло) зустрічаються тут у фаціях пісковиків у виді пластоподібних горизонтів, причому переважно зруднілими є залишки рослин. Відомі родовища розміщуються на заході США, наприклад у штатах Юта, Колорадо й Аризона. Срібло попутно добувається з мідістих пісковиків

(Au:Ag~1:40). Сюда относятся знаменитые золото-серебряные месторождения Мексики, которую можно рассматривать как одну из наиболее богатых серебром стран. Содержание золота в рудах составляет 40г/т, серебра – 200г/т. Важное значение имеют также золото-серебряные жилы месторождения Комсток в штате Техас (США), которые часто переходят с глубиной в свинцево-цинковые жилы.

В группе д) значительные концентрации серебра содержатся в пределах рудного пояса Кордильєр. К ним относятся, например, жильные месторождения Б'ютт в штате Монтана (США), контактово-метасоматические образования Каманеа (Мексика), представленные иногда зонами вкрапленности, месторождение Піларес-Мина (Мексика), а также месторождения Серро-де-Паско и Морокоча в Перу.

Помимо гидротермальных месторождений серебро иногда содержится в повышенных количествах (до 130г/т) в собственно магматических мідно-нікелевых рудах (Норильский район), а также в скарнах сульфидных месторождений (Санта-Єввалія, Мексика), где до 600-850г/т серебра.

Среди экзогенных образований, прежде всего, следует назвать серебряные концентрации зон цементации сульфидных месторождений. В зоне их окисления серебро в виде сульфата легко переходит в раствор и выпадает в дальнейшем в виде самородного серебра или сульфиды ниже зоны ґрунтовых вод. Такие богатые зони цементации во многих рудных районах (Рудные горы, Ледвилл, Брокен-Хилл, Б'ютт и др.) на заре горных работ имели большое хозяйственное значение.

Часто серебро концентрируется вместе с медью и ураном в аридних красноцветных породах. Серебряные руды (главным образом, аргентит, піраргірит и самородное

ків Джекказгану, воно встановлено в рудах Удоканського родовища міді. Крім того, срібло спостерігається в осадових утвореннях у родовищах типу мідистих сланців Мансфельда (Німеччина) (вміст срібла – до 140г/т руди).

### 3.4.3 Платина і платиноїди

Метали цієї групи крім платини включають паладій, іридій, родій, осмій і рутеній. Платина була відома з XVI ст., вперше описана як новий метал у 1752р. У 1804-1805рр. У. Волластон і С. Теннант відкрили паладій, родій, іридій і осмій, а хімік К. Клаус з Казанського університету відкрив у 1844р. рутеній. Перший самородок платини був знайдений на Уралі в 1813р. Унікальність фізико-хімічних властивостей платиноїдів (тугоплавкість, хімічна стійкість, електропровідність та ін.) обумовила важливу і зростаючу роль у сучасній промисловості. Їхнє споживання за останні 15-20 років ХХст. зросло в 3-5 разів, а рутенію – у 9 разів. Вони використовуються, насамперед, як каталізатори (50%), поглиначі шкідливих газів в автомобільній, нафтохімічній, електротехнічній, медичній галузях промисловості (більше 30%), у ювелірній справі (15% і більше). Особливо зріс попит на платину, паладій, родій та інші метали групи у зв'язку з прийняттям у 1998р. США, Японією і країнами Європи законів про зменшення викидів в атмосферу автотранспортом вуглекислоти, окису азоту та інших екологі-

серебро) зустрічаються здесь в фациях песчаников в виде пластообразных горизонтов, причем предпочтительно оруденелыми являются остатки растений. Известные месторождения размещаются на западе США, например в штатах Юта, Колорадо и Аризона. Серебро попутно добывается из медистых песчаников Джеказгана, оно установлено в рудах Удоканского месторождения меди. Кроме того, серебро наблюдается в осадочных образованиях в месторождениях типа медистых сланцев Мансфельда (ФРГ) (содержание серебра – до 140г/т руды).

### 3.4.3 Платина и платиноиды

Металлы этой группы кроме платины включают палладий, иридий, родий, осмий и рутений. Платина была известна с XVI в впервые описана как новый металл в 1752г. В 1804-1805гг У.Волластон и С.Теннант открыли палладий, родий, иридий и осмий, а химик К.Клаус из Казанского университета открыл в 1844г рутений. Первый самородок платины был найден на Урале в 1813г. Уникальность физико-химических свойств платиноидов (тугоплавкость, химическая стойкость, электропроводность и др.) обусловила важную и быстро возрастающую роль в современной промышленности. Их потребление за последние 15-20 лет ХХв возросло в 3-5 раз, а рутения – в 9 раз. Они используются, прежде всего, в качестве катализаторов (50%), поглотителей вредных газов в автомобильной, нефтехимической, электротехнической, медицинской отраслях промышленности (более 30%), в ювелирном деле (15% и более). Особенно возрос спрос на платину, палладий, родий и другие металлы группы в связи с принятием в 1998г США, Японией и странами Европы законов об уменьшении выбросов в атмосферу автотранспортом углекислоты, окиси азота и других экологически опасных ве-

чно небезпечних речовин. Протягом 2000-2002рр. увесь автотранспорт цих країн повинний відповідати більше твердим екологічним нормам, що знижують на 50-70% шкідливі викиди в атмосферу.

Для цих металів характерна різка концентрація мінеральної сировини й основного обсягу видобутку всього в двох країнах – ПАР і Росія. У родовищах Бушвельдського магматичного комплексу ПАР зосереджено 86% світових запасів платини і платиноїдів (50тис.т). У Росії частка запасів складає більше 10% світових, вони відносяться до ліквідаційно-магматичних комплексних сульфідних мідно-нікелевих платиноїдних руд Норильсько-Талнахського району. 63% світового видобутку платиноїдів приходить на ПАР і 26% на Росію, при цьому виробництво більше рідкісних платиноїдів – паладію, рутенію складає тут більше 60% світового. Попит на платину в 1998р. досягав 229т, на паладій 334т. Крім ПАР і Росії невелика кількість (близько 25т) платиноїдів добувають у Канаді, США і Колумбії. Останнім часом відбулося кількаразове різке подорожчання платини і платиноїдів. На початку 2000р. ціна 1г платини склала 16,8\$, а паладія досягла 26,5\$, у 2004 р.ціна платини склала 26\$.

Промисловими вважаються родовища із вмістом платиноїдів від 3-5 до 10г/т і запасами 1т і вище. Великими вважаються родовища з запасами 100-500т, а середніми – 10-50т платиноїдів. У розсипах промисловий вміст складає не менше 0,1-0,2г/т.

Кларк платиноїдів у земній корі від  $1 \cdot 10^{-7}\%$  (іридій, родій) до  $5 \cdot 10^{-7}\%$  (платина, рутеній) -  $13 \cdot 10^{-7}\%$  і більше (паладій, осмій). Усі платиноїди зустрічаються в самородному виді, але розповсю-

ществ. В течение 2000-2002гг весь автотранспорт этих стран должен соответствовать более жестким экологическим нормам, снижающим на 50-70% вредные выбросы в атмосферу.

Для этих металлов характерна резкая концентрация минерального сырья и основного объема добычи всего в двух странах – ЮАР и Россия. В месторождениях Бушвельдского магматического комплекса ЮАР сосредоточено 86% мировых запасов платины и платиноидов (50тыс.т). В России доля запасов составляет более 10% мировых, они приурочены к ликвидационно-магматическим комплексным сульфидным медно-никелевым платиноидным рудам Норильско-Талнахского района. 63% мировой добычи платиноидов приходится на ЮАР и 26% на Россию, при этом производство более редких платиноидов – палладия, рутения составляет здесь более 60% мирового. Спрос на платину в 1998г достигал 229т, на палладий 334т. Помимо ЮАР и России небольшое количество (около 25т) платиноидов добывают в Канаде, США и Колумбии. За последнее время произошло неоднократное резкое удорожание платины и платиноидов. В начале 2000г цена 1г платины составила 16,8\$, а палладия достигла 26,5\$, в 2004г цена 1г платины составила 26\$.

Промышленными считаются месторождения с содержанием платиноидов от 3-5 до 10г/т и запасами 1т и выше. Крупными считаются месторождения с запасами 100-500т, а средними – 10-50т платиноидов. В россыпях промышленные содержания составляют не менее 0,1-0,2г/т.

Кларк платиноидов в земной коре от  $1 \cdot 10^{-7}\%$  (иридий, родий) до  $5 \cdot 10^{-7}\%$  (платина, рутеній) –  $13 \cdot 10^{-7}\%$  и более (паладій, осмій). Все платиноиды встречаются в самородном виде, но распространенным

дженим мінералом є лише самородна платина.

Платина і метали її групи генетично пов'язані з основними й ультраосновними породами добре диференційованих масивів, що формувалися у спокійній геотектонічній обстановці платформ чи у доскладчастий етап геосинклінальних зон.

Серед *ендогенних родовищ* виділяють два головні типи: платиноносні хроміти і сульфідні мідно-нікелеві руди.

*Риф Меренського (ПАР)* є найбільшим у світі скупченням платини і платиноїдів, що відноситься до Бушвельдського магматичного комплексу. Він сформувався внаслідок впровадження габро-піроксенітової магми в товщу метаморфічних протерозойських порід. Бушвельдський комплекс представляє собою грандіозний лополіт довжиною 450км і шириною 250км. Основні запаси платиноїдів Бушвельда належать до рифу Меренського, що простежений на 230км при середній потужності 0,8м. Риф Меренського складений норитами і піроксенітами з гніздами і прожилками хроміту. Крім хроміту серед рудних мінералів установлені магнетит, ільменіт, піротин-пентландит та ін. Платиноїди представлені, в основному, платиною (60%) і паладієм (25%), їхній вміст у рудах складає 5-15г/т, а ресурси оцінюються в 18тис.т. Ще 12,2тис. т. платиноїдів відносяться до рифу UG-2, що подібний рифу Меренського, але розташовується в 20-300м нижче серед цієї ж товщі габро-піроксенітів, що у сукупності складають платиноносну Критичну зону потужністю близько 1000м.

Платинова мінералізація Бушвельда формувалася в різні етапи магматичного процесу. Крім ранньомагматичного рифу

мінералом являється лише самородна платина.

Платина і метали її групи генетично пов'язані з основними і ультраосновними породами хорошо диференційованих масивов, которые формировались в спокойной геотектонической обстановке платформ или в доскладчатый этап геосинклиналильных зон.

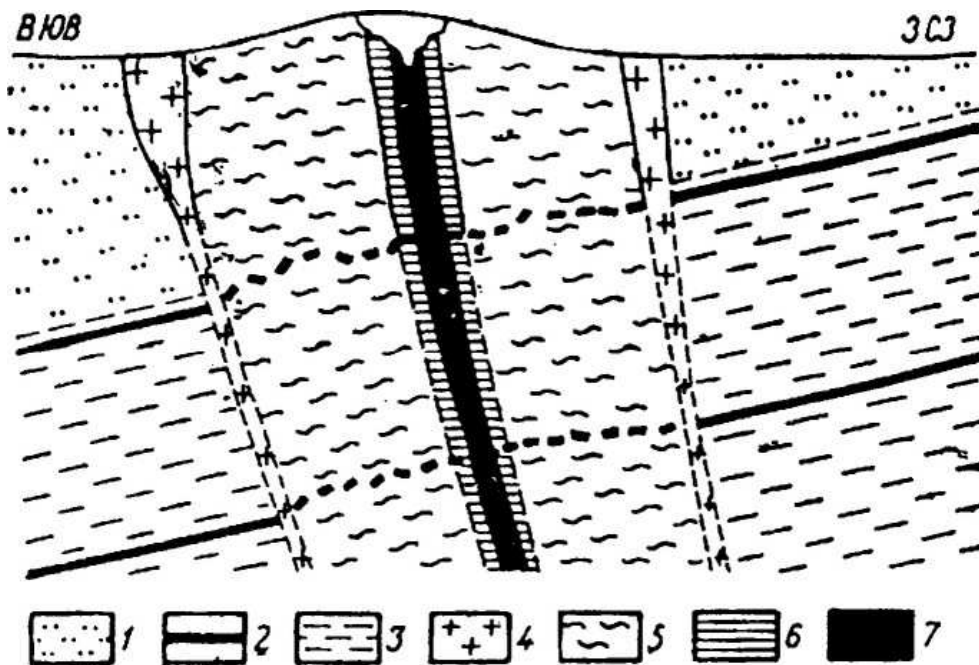
Среди *эндогенных месторождений* выделяют два главных типа: платиноносные хромиты и сульфидные медно-никелевые руды.

*Риф Меренского (ЮАР)* является наиболее крупным в мире скоплением платины и платиноидов, которое приурочено к Бушвельдскому магматическому комплексу. Он сформировался в результате внедрения габбро-пироксенитовой магмы в толщу метаморфических протерозойских пород. Бушвельдский комплекс представляет собой грандиозный лополит длиной 450км и шириной 250км. Основные запасы платиноидов Бушвельда приурочены к рифу Меренского, который прослежен на 230км при средней мощности 0,8м. Риф Меренского сложен норитами и пироксенитами с гнездами и прожилками хромита. Помимо хромита среди рудных минералов установлены магнетит, ильменит, пирротин-пентландит и другие. Платиноиды представлены, в основном, платиной (60%) и палладием (25%), их содержание в рудах составляет 5-15г/т, а ресурсы оцениваются в 18тыс.т. Еще 12,2тыс. т. платиноидов приурочены к рифу UG-2, который подобен рифу Меренского, но располагается в 20-300м ниже среди этой же толщи габбро-пироксенитов, которые в совокупности слагают платиноносную Критическую зону мощностью около 1000м.

Платиновая минерализация Бушвельда формировалась в разные этапы магматического процесса. Помимо раннемагма-

Меренського тут відомі пізньомагматичні трубоподібні поклади гортонолітів з високим вмістом платини (мал.3.31). Поклади мають діаметр до 100м і простежені на глибину до 300м.

тического рифа Меренского здесь известны позднемагматические трубообразные залежи гортонолитов с высоким содержанием платины (рис.3.31). Залежи имеют диаметр до 100м и прослежены на глубину до 300м.



Мал. 3.31. Платинова трубка Муїхек Бушвельдського комплексу (по Г. Шнейдерхену):

1 - норит; 2 - хроміт; 3 - бронзитит; 4 - піроксеніт; 5 - дуніт; 6 - гортоноліт-дуніт; 7 - платинові руди.

Рис. 3.31. Платиновая трубка Муихек Бушвельдского комплекса (по Г.Шнейдерхену):

1 – норит; 2 – хромит; 3 – бронзитит; 4 – пироксенит; 5 – дунит; 6 – гортонолит-дунит; 7 – платиновые руды.

*Нижньо-Тагильське родовище* на Уралі відноситься до масиву палеозойських дунітів, у центральній частині яких зустрічаються гнізда, шліри, гілчасті прожилки і вкраплення хромітів з підвищеною концентрацією платиноїдів. Рудні мінерали представлені хромшпинелідами, поліксеном, іридистою платиною, пентландитом та ін. Відомий самородок платини вагою до 427г.

Родовища платиноносних сульфідних мідно-никелевих руд типу Садбері, Норильська відносяться за генезисом до магматичних ликваційних. Характерна асоціація сульфідів і арсенідів платини, стибіопалладиніту, палладистої платини з піротин-халькопірит-пентландитовою рудою.

*Нижне-Тагильское месторождение* на Уралі приурочено к масиву палеозойских дунитов, в центральной части которых встречаются гнезда, шлиры, ветвящиеся прожилки и вкрапления хромитов с повышенной концентрацией платиноидов. Рудные минералы представлены хромшпинелидами, поликсеном, иридистой платиной, пентландитом и другими. Были встречены самородки платины весом до 427г.

Месторождения платиноносных сульфидных медко-никелевых руд типа Садбері, Норильська относятся по генезису к магматическим ликвационным. Характерна ассоциация сульфидов и арсенидов платины, стибиопалладинита, палладистой платины с пирротин-халькопирит-пентландитовой рудой.

Крім цих типів родовищ певне значення мають виділення платини в кварц-гематитових жилах і в метасоматичних гідротермальних утвореннях.

В *екзогенних умовах* платина накопичується у виді розсипових родовищ, що можуть представляти собою як елювіальні (до 100г/т), так і алювіальні (3г/т), рідше прибережно-морські утворення.

Як супутні компоненти в розсипових родовищах часто зустрічаються також магнетит, хроміт, ільменіт й інші важкі мінерали. Розсипові родовища платини відомі в Канаді, США і Колумбії. Такі родовища містять до 15г/т Pt, іноді з Au. Осмій та іридій у виді супутних компонентів зустрічається в золотих розсипах Вітватерсранду і на о.Тасманія (вміст – близько 0,01г/т руди).

### 3.5 Радіоактивні метали

Радіоактивними металами є уран, торій, радій і полоній, з них найбільше важливим у промисловому застосуванні є уран.

#### 3.5.1 Уран

Уран відкритий у 1789р. німецьким хіміком Клапротом в урановій смолці родовища Йогангеоргенштадт у Рудних горах Саксонії. Солі урану застосовувалися спочатку як барвники у скляній і порцеляновій промисловості. Після виявлення в 1896р. французьким фізиком А.Беккерелем явища радіоактивності й виділенню Марією і П'єром Кюрі в 1898р. з уранових руд радіо почалося їхнє освоєння як джерела радіоактивного випромінювання. Уран – важкий метал срібlistого кольору, хімічно активний. У 1940-45рр. ученими були виконані важ-

Кроме цих типів месторождений определенное значение имеют выделения платины в кварц-гематитовых жилах и в метасоматических гидротермальных образованиях.

В *экзогенных условиях* платина накапливается в виде россыпных месторождений, которые могут представлять собой как элювиальные (до 100г/т), так и аллювиальные (3г/т), реже прибережно-морские образования.

В качестве сопутствующих компонентов в россыпных месторождениях часто встречаются также магнетит, хромит, ильменит и другие тяжелые минералы. Россыпные месторождения платины известны в Канаде, США и Колумбии. Такие месторождения содержат до 15г/т Pt, иногда с Au. Осмий и иридий в виде попутных компонентов встречается в золотых россыпях Витватерсранда и на о.Тасмания (содержание – около 0,01г/т руды).

### 3.5 Радиоактивные металлы

Радиоактивными металлами являются уран, торий, радий и полоний, из них наиболее важным имеющим широкое промышленное применение является уран.

#### 3.5.1 Уран

Уран открыт в 1789г немецким химиком Клапротом в урановой смолке месторождения Йоганнгеоргенштадт в Рудных горах Саксонии. Соли урана применялись вначале как красители в стекольной и фарфоровой промышленности. После обнаружения в 1896г французским физиком А.Беккерелем явления радиоактивности и получения Марией и П'єром Кюри в 1898г из урановых руд радия началось их освоение как источника радиоактивного излучения. Уран – тяжелый металл серебристого цвета, химически активный. В 1940-45гг учеными были выполнены важные теоре-

ливі теоретичні дослідження з одержання нового джерела енергії величезної потужності, підтверджені експериментально ланцюговою реакцією радіоактивного розпаду урану у середині атомного котла. У серпні 1945р. США підірвали перші дві атомні бомби над японськими містами Хіросіма і Нагасакі. Перша у світі атомна електростанція була пущена в 1954р. у Росії. На даний час атомні електростанції виробляють електроенергію в 30 країнах світу за допомогою 438 атомних реакторів. При цьому у Франції на їхню частку приходится до 79% усієї вироблюваної енергії, Бельгії – 66%, Південній Кореї – 53%, Швеції – 50%, Україні – більше 45%.

Розвідані запаси урану на 1 січня 2001р. (вартістю до 80\$ за кг) оцінюються понад 3млн.т. Найбільше великі запаси урану мають Австралія (500тис.т), Казахстан (340), ПАР (325), Росія (180), Нігер (172), Бразилія (163), Канада (148). Україна за розвіданими запасами урану входить до першої десятки країн світу. У 2000р. у світі добуто 34,7тис.т урану, у тому числі в Канаді – 10,7тис.т, Австралії – 7,6, Нігерії – 2,9, Намібії – 2,7, Узбекистані – 2,4, Росії – 2. Видобуток України, за оцінками західних експертів склав 500т. Увесь видобуток урану покриває лише біля половини поточних потреб АЕС світу, що у 2000р. склали 62тис.т. Дефіцит урану компенсується збройовим ураном і ураном з відпрацьованого ядерного палива. За прогнозом МАГАТЄ і Світової ядерної асоціації (WNA) потреба в урані щорічно буде зростати більше ніж на 1% і до 2010р. складе 75тис.т, що спричинить зростання цін на уран. Великі родовища мають запаси урану більше 10тис.т, середні 10-1тис.т., дрібні – 1тис.т. У зв'язку з неминучістю розвитку

тические исследования по получению нового источника энергии огромной мощности, подтвержденные экспериментально цепной реакцией радиоактивного распада урана внутри атомного котла. В августе 1945г США взорвали первые две атомные бомбы над японскими городами Хиросима и Нагасаки. Первая в мире атомная электростанция была пущена в 1954г в России. В настоящее время атомные электростанции вырабатывают электроэнергию в 30 странах мира с помощью 438 атомных реакторов. При этом во Франции на их долю приходится до 79% всей вырабатываемой энергии, Бельгии – 66%, Южной Кореи – 53%, Швеции – 50%, Украине – более 45%.

Разведанные запасы урана на 1 января 2001г (стоимостью до 80\$ за кг) оцениваются свыше 3млн.т. Наиболее крупными запасами урана обладают Австралия (500тыс.т), Казахстан (340), ЮАР (325), Россия (180), Нигер (172), Бразилия (163), Канада (148). Украина по разведанным запасам урана входит в первую десятку стран мира. В 2000г в мире добыто 34,7тыс.т урана, в том числе в Канаде 10,7тыс.т, Австралии – 7,6, Нигерии – 2,9, Намибии – 2,7, Узбекистане – 2,4, России – 2. Добыча Украины по оценкам западных экспертов составила 500т. Вся добыча урана покрывает лишь около половины текущих потребностей АЭС мира, которая в 2000г составила 62,620т. Дефицит урана восполняется оружейным ураном и ураном из отработанного ядерного топлива. По прогнозу МАГАТЭ и Мировой ядерной ассоциации (WNA) потребность в уране ежегодно будет возрастать более чем на 1% и к 2010г составит 75тыс.т, что предполагает рост цен на уран. Крупные месторождения имеют запасы урана более 10тыс.т, средние 10-1тыс.т., мелкие – 1тыс.т. В связи с неизбежностью развития атомной энергетики, поиски и раз-

атомної енергетики, пошуки і розвідка нових родовищ урану стають усе більше актуальними.

В Україні видобуток руд урану виробляється двома шахтами в Кіровоградській області, що розробляють три родовища: Ватуїнське (Смолинська шахта), Мічуринське і Центральне (Ингулецька шахта). Вони забезпечені запасами на 15-20 років. З урахуванням розвіданих Новокопчантинівського і Севериновського родовищ Україна може зайняти одне з провідних місць серед світових виробників урану.

Кларк урану в земній корі  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ . Цей елемент має змінну валентність і тому в ендегенних і екзогенних процесах поводить по-різному. В ендегенних умовах уран пов'язаний з кислотними магматичними породами і, особливо, лужними й ультралужними, де його кількість доходить до  $10-80 \cdot 10^{-4}\%$ . На пізній стадії кристалізації гранітної магми уран виноситься і відкладається гідротермальними розчинами у виді чотирьохвалентного елемента в мінералах уранініті та інших. В окисній обстановці зони гіпергенезу уран легко переходить у легкорозчинний іон уранілу  $(\text{UO}_2)^{+2}$  і може мігрувати на значні відстані. Сорбуючись органічною речовиною, вуглеводнями, фосфатами та іншими поверхневими мінеральними утвореннями, уран бере участь у седиментаційному рудоутворенні.

Відомо більше 100 мінералів, що містять уран.

За вмістом урану виділяються руди багаті і дуже багаті (від 0,5 до 1% і більше), середні і рядові (від 0,5 до 0,1) і бідні (менше 0,1%). Економічно вигідним вважається відпрацювання запасів по вартості до 80\$/кг, до другої категорії відносять запаси вартістю 80-130\$/кг.

ведка нових месторождений урана становятся все более актуальными. Стоимость в 2004г составила 26,5\$/кг.

В Украине добыча руд урана производится двумя шахтами в Кировоградской области, разрабатывающими три месторождения: Ватуинское (Смолинская шахта), Мичуринское и Центральное (Ингулецкая шахта). Они обеспечены запасами на 15-20 лет. С учетом разведанных Новокопчантинівського и Севериновського месторождений Украина может занять одно из лидирующих мест среди мировых производителей урана.

Кларк урана в земной коре  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ . Этот элемент имеет переменную валентность и поэтому в ендегенных и экзогенных процессах ведет себя по-разному. В ендегенных условиях уран связан с кислотными магматическими породами и, особенно, щелочными и ультращелочными, где его количество доходит до  $10-80 \cdot 10^{-4}\%$ . На поздней стадии кристаллизации гранитной магмы уран выносится и отлагается гидротермальными растворами в виде четырехвалентного элемента в минералах уранините и других. В окислительной обстановке зоны гипергенеза уран легко переходит в легко растворимый ион уранила  $(\text{UO}_2)^{+2}$  и может мигрировать на значительные расстояния. Сорбируясь органическим веществом, углеводородами, фосфатами и другими поверхностными минеральными образованиями, уран участвует в седиментационном рудообразовании.

Известно более 100 минералов, содержащих уран.

По содержанию урана выделяются руды богатые и очень богатые (от 0,5 до 1% и более), средние и рядовые (от 0,5 до 0,1) и бедные (менее 0,1%). Экономически выгодным считается отработка запасов по стоимости до 80\$/кг, ко второй категории отно-



Уранові родовища різноманітні за умовами свого формування. Виділяються ендегенні (магматичні, карбонатитові, гідротермальні), екзогенні (інфільтраційні, осадові) і метаморфогенні родовища.

*Родовище Россинг* у Намібії є типовим представником магматогенних родовищ. Воно відноситься до раннопалеозойських аляскітових гранітів, що складаються з польових шпатів (близько 65%) і кварцу (до 35%), тобто майже позбавлених кольорових мінералів. Аляскіти проривають гнейси, метаморфічні сланці і мармури пізнього докембрію й утворюють дві крутопадаючі рудоносні зони шириною близько 1км і довжиною більше ніж 3км. Первинні руди представлені дрібною (до 0,1мм) вкрапленістю уранініту, браннериту та інших мінералів, у тому числі циркону, монациту, сульфідів, флюориту в кварці і польовому шпаті аляскітів. Уранова мінералізація розвивається також по дрібних тріщинах у породі. Вміст урану в рудах невисокий (0,03-0,06%), однак його запаси великі, тому родовище, що розроблюється відкритим способом, забезпечує річний видобуток урану 2-3тис.т, тобто близько 5% світової.

Формування родовища пов'язано з переплавленням на глибині материнських порід, початково збагачених ураном, під впливом ювенільних теплових потоків і переміщенням розплавлених порід у вищезалягаючі товщі. При цьому уран міг також запозичатися з докембрійських порід фундаменту. Судячи з абсолютного віку уранініту, цей процес відбувався близько 510±40млн.років тому.

*Родовище в карбонатитах Палаборо (ПАР)*, є постачальником урану, одержуваного попутно під час видобутку мідних

запаси стоимостью 80-130\$/кг.

Урановые месторождения разнообразны по условиям своего формирования. Выделяются эндогенные (магматические, карбонатитовые, гидротермальные), экзогенные (инфильтрационные, осадочные) и метаморфогенные месторождения.

*Месторождение Россинг* в Намибии является типичным представителем магматогенных месторождений. Оно приурочено к раннепалеозойским аляскитовым гранитам, состоящим из полевых шпатов (около 65%) и кварца (до 35%), т.е. почти лишенных цветных минералов. Аляскиты прорывают гнейсы, метаморфические сланцы и мрамора позднего докембрия и образуют две крутопадающие рудоносные зоны шириной около 1км и длиной более чем 3км. Первичные руды представлены мелкой (до 0,1мм) вкрапленностью уранинита, браннерита и других минералов, в том числе циркона, монацита, сульфидов, флюорита в кварце и полевошпате аляскитов. Урановая минерализация развивается также по мелким трещинам в породе. Содержание урана в рудах невысокое (0,03-0,06%), однако его запасы крупные, так что месторождение, разрабатываемое открытым способом, обеспечивает годовую добычу урана 2-3тыс.т, т.е. около 5% мировой.

Формирование месторождения связано с переплавлением на глубине материнских пород, изначально обогащенных ураном, под воздействием ювенильных тепловых потоков и перемещением расплавленных вмещающих пород в вышележащие толщи. При этом уран мог также заимствоваться из докембрійских пород фундамента. Судя по абсолютному возрасту уранинита, этот процесс происходил около 510±40млн.лет тому назад.

*Месторождение в карбонатитах Палаборо (ЮАР)*, является поставщиком урана, получаемого попутно при добыче медных

руд. Рудоносні карбонатити із вмістом урану до 0,01% складають штокоподібне тіло розміром 1,4x0,8км у центрі масиву ультраосновних-лужних порід. Їхній вік визначений у 2050млн.років. Головним урановим мінералом є ураноторит, що входить до складу мідних руд, простежених до глибини 1000м. Крім міді й урану з руд родовища Палаборо попутно здобуваються золото, срібло і платиноїди.

*Гідротермальні родовища* представлені різними за своїми геологічними особливостями і віком промислово важливими скупченнями урану.

*Родовище Олімпік Дам* відкрито в 1975р. у Південній Австралії. Воно не має аналогів у світі, посідаючи перше місце за кількістю урану (1,2млн.т  $U_3O_8$ ), восьме за кількістю міді (32млн.т) і вміщуючі більше 1200т золота і 7000т срібла. Родовище належить до апікальної частини докембрійського батоліту гранітоїдів Роксбі Даунс і утворилося в середньому протерозої (1520-1315млн.років). Зверху воно перекрито верхньопротерозойськими піщано-глинистими породами і кембрійськими вапняками потужністю 260-500м. Зруденіння прожилково-вкрапленого і жильного типів контролюється тектонічною тріщинуватістю ПЗ-ПС напрямків і розміщується на площі 7x5км серед брекчійованих гранітоїдів, збагачених гематитом, кварцом, флюоритом, баритом, а також різними сульфідами.

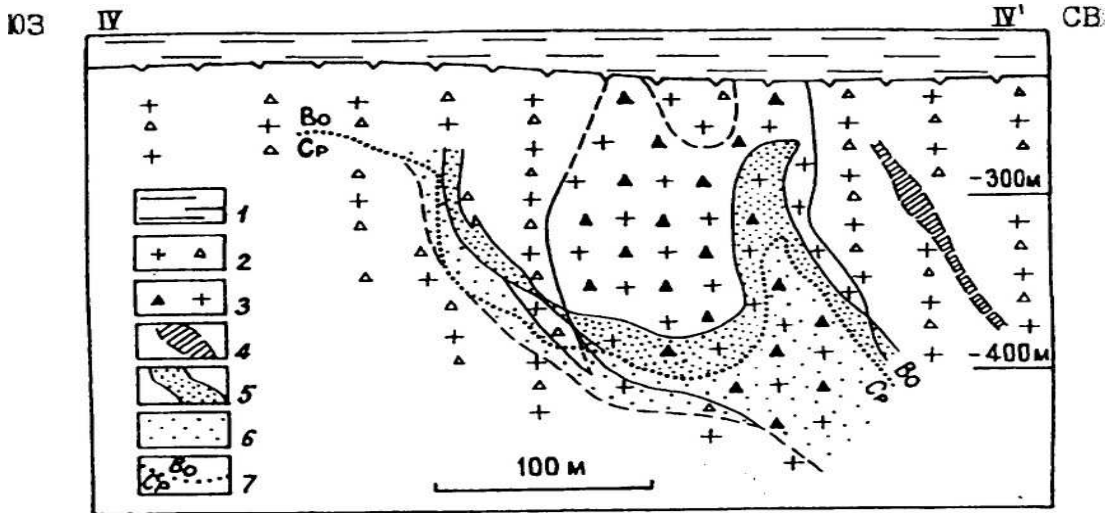
Виділяється два типи руд: комплексний мідно-урановий із золотом і сріблом і мономінеральний золоторудний. 150 рудних зон першого типу потужністю 50м і більше і довжиною до 500м відносяться до гематитових брекчій. Розрізняються рудні зони борніт-халькозинового і халькопіритового складів, з якими асоціює уранова мінералізація (мал. 3.32).

руд. Рудоносные карбонатиты с содержанием урана до 0,01% слагают штокообразное тело размером 1,4x0,8км в центре массива ультраосновных-щелочных пород. Их возраст определен в 2050млн.лет. Главным урановым минералом является ураноторит, входящий в состав медных руд, прослеженных до глубины 1000м. Кроме меди и урана из руд месторождения Палаборо попутно извлекаются золото, серебро и платиноиды.

*Гидротермальные месторождения* представлены различными по своим геологическим особенностям и возрасту промышленно важными скоплениями урана.

*Месторождение Олимпік Дам* открыто в 1975г в Южной Австралии. Оно не имеет аналогов в мире, занимая первое место по количеству урана (1,2млн.т  $U_3O_8$ ), восьмое по количеству меди (32млн.т) и вмещающая более 1200т золота и 7000т серебра. Месторождение приурочено к апикальной части докембрійського батоліта гранітоїдів Роксбі Даунс і образовалось в среднем протерозое (1520-1315млн.лет). Сверху оно перекрито верхнепротерозойскими песчано-глинистыми породами и кембрійськими известняками мощностью 260-500м. Оруденение прожилково-вкрапленного и жильного типов контролируется тектонической трещиноватостью СЗ-ЮВ направления и размещается на площади 7x5км среди брекчированных гранітоїдів, обогащенных гематитом, кварцем, флюоритом, баритом, а также различными сульфідами.

Выделяется два типа руд: комплексный мідно-урановий с золотом и серебром и мономінеральний золоторудний. 150 рудных зон первого типа мощностью 50м и более и протяженностью до 500м приурочены к гематитовым брекчиям. Различаются рудные зоны борніт-халькозинового и халькопіритового составов, с которыми ассоциирует урановая мінералізація (рис.3.32).



Мал. 3.32. Розріз північно-західної частини Олімпік Дам:

1 - покривні відкладення; 2, 3 - Брекції: 2-гранітні, 3-гематитові й ін.; 4-6 - руди: 4-уранові, 5-багаті Cu-U, 6-рядові; 7 - борніт-халькопіритова межа.

Рис. 3.32. Разрез северо-западной части Олимпик Дам:

1 – покровные отложения; 2, 3 – брекции: 2-гранитные, 3-гематитовые и др.; 4-6 – руды: 4-уран, 5-богатые Cu-U, 6-рядовые; 7 – борнит-халькопиритовая граница.

Вміст міді в цих зонах складає 1,6-2,5%, урану ( $U_3O_8$ ) – 0,08-0,11%. Крім цього, серед мідно-уранових руд постійно присутнє золото від 0,3 до 1,0г/т, що представляє комерційний інтерес. Другий тип руд – мономінеральний золоторудний із середнім промисловим вмістом 2-3г/т – приурочений до пізніх тектонічних тріщин і зон тріщинуватості. Золото тонкозернисте, іноді видиме, у ньому звичайна домішка срібла (до 3%), міді (менше 1%) і телуру (менше 0,1%). На родовищі установлена зональність (знизу нагору): пірит → халькопірит → борніт → халькозин → самородна мідь → золото → кварц. Генезис родовища – гідротермальний, розчини за даними термобарогеохімічних досліджень були двох типів. Перший – високотемпературні ( $T > 400^{\circ}C$ ) флюїди, істотно концентровані і другий – середньонизькотемпературні ( $250-100^{\circ}C$ ) оксидного характеру. За ізотопними дослідженнями крім магматичних вод у гідротермальних розчинах брали участь метеорні води. Відкриття родовища – Олімпік Дам – найбільше досягнення пошукової геології.

Содержания меди в этих зонах составляет 1,6-2,5%, урана ( $U_3O_8$ ) – 0,08-0,11%. Помимо этого, среди медно-урановых руд постоянно присутствует золото от 0,3 до 1,0г/т, представляющее коммерческий интерес. Второй тип руд – мономінеральний золоторудний со средним промышленным содержанием 2-3г/т – приурочен к поздним тектоническим трещинам и зонам трещиноватости. Золото тонкозернистое, иногда видимое, в нем обычно примесь серебра (до 3%), меди (менее 1%) и теллура (менее 0,1%). На месторождении установлен вертикальная зональность (снизу вверх): пирит → халькопирит → борнит → халькозин → самородная медь → золото → кварц. Генезис месторождения – гидротермальний, растворы по данным термобарогеохимических исследований были двух типов. Первый – высокотемпературные ( $T > 400^{\circ}C$ ) флюиды, существенно концентрированные и второй – средне-низкотемпературные ( $250-100^{\circ}C$ ) оксидного характера. По изотопным исследованиям помимо магматических вод в гидротермальных растворах участвовали метеорные воды. Открытие месторождения – Олимпик Дам –

В Австралії уранові родовища із золотом відомі також на півночі країни, де вони відносяться до товщі докембрійських осадочних порід (вуглисто-кременисті і глинисті сланці, карбонатні пісковики та ін.), прорваних інтрузіями граносієнітів і гранодіоритів. Основні уранові родовища (Джабілука, Рейнджер, Кунгарра) тяжіють до областей розвитку чорних вуглеродистих сланців. Одне з найбільших у світі уранових родовищ багатих руд – *Джабілука* – містить близько 230 тис.т  $U_3O_8$  при його кількості в рудах 0,38%. Крім того, тільки на верхніх горизонтах родовища розвідано 8т золота із вмістом до 12-15г/т. Мінерали урану представлені в основному настураном і уранінітом, що утворюють тонкі прожилки, вкрапленість і масивні пошарові скупчення серед вуглеродистих і кварц-хлорит-серицитових сланців протерозойського віку. Для всіх родовищ регіону характерна рудоконтролююча роль великих геологічних неузгоджень між еродованими геосинклінальними утвореннями і залягаючими на них протерозойськими відкладеннями платформного чохла.

Подібною є геологічна позиція уранових родовищ південно-західної частини Канадського щита, де виявлений у 70 роки ХХст. урановий регіон Атабаска з великими родовищами Сигар-Лейк, Кі-Лейк, Раббіт-Лейк та ін. Рудні тіла відрізняються високим вмістом урану (до 12% - Сигар-Лейк), і завдяки їхній експлуатації Канада вийшла на I місце у світі по видобутку цього радіоактивного металу.

На Українському щиті просторове положення уранових родовищ визначається глибинними розламами Кіровоградсько-Криворізької мобільної зони субмеридіонального простягання (мал.3.33). Внаслідок процесів тектоно-магматичної акти-

крупнейшее достижение поисковой геологии.

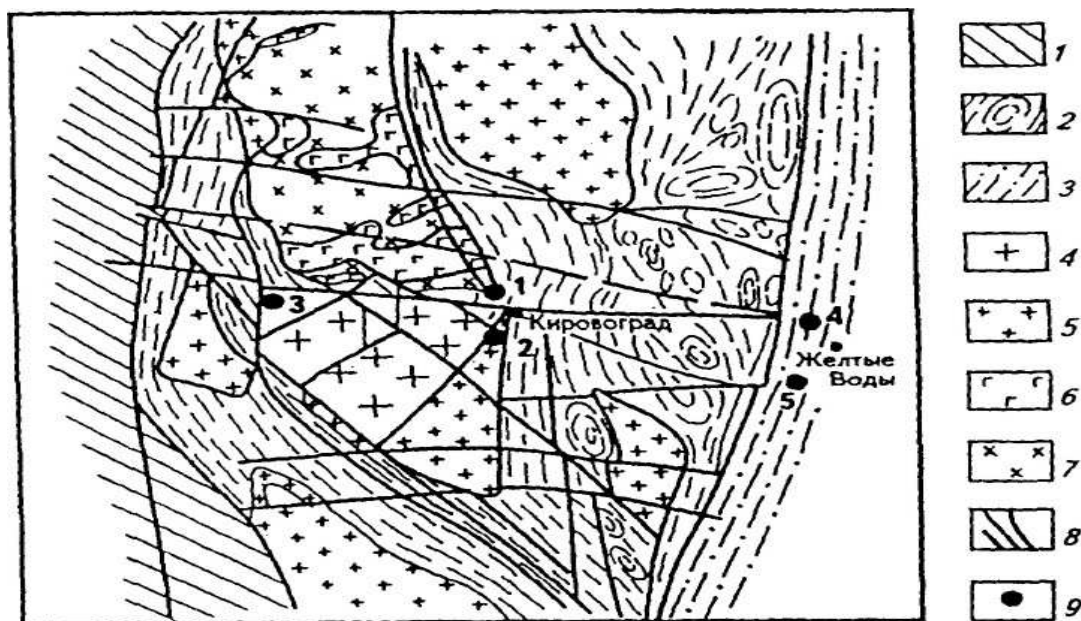
В Австралии урановые месторождения с золотом известны также на севере страны, где они приурочены к толще докембрійских осадочных пород (углисто-кременистые и глинистые сланцы, карбонатные песчаники и др.), прорванных интрузиями граносиенитов и гранодиоритов. Основные урановые месторождения (Джабилиука, Рейнджер, Кунгарра) тяготеют к областям развития черных углеродистых сланцев. Одно из крупнейших в мире урановых месторождений богатых руд – *Джабилиука* – содержит около 230 тыс.т  $U_3O_8$  при его количестве в рудах 0,38%. Кроме того, только на верхних горизонтах месторождения разведано 8т золота с содержанием до 12-15г/т. Минералы урана представлены в основном настураном и уранинитом, образующими тонкие прожилки, вкрапленность и массивные послойные скопления среди углеродистых и кварц-хлорит-серицитовых сланцев протерозойского возраста. Для всех месторождений региона характерна рудоконтролирующая роль крупных геологических несогласий между эродированными геосинклинальными образованиями и залегающими на них протерозойскими отложениями платформенного чехла.

Сходной является геологическая позиция урановых месторождений юго-западной части Канадского щита, где выявлен в 70 годы ХХ столетия урановый регион Атабаска с крупными месторождениями Сигар-Лейк, Ки-Лейк, Раббит-Лейк и другими. Рудные тела отличаются высоким содержанием урана (до 12% - Сигар-Лейк), и благодаря их эксплуатации Канада вышла на I место в мире по добыче этого радиоактивного металла.

На Украинском щите пространственное положение урановых месторождений определяется глубинными разломами Кирowo-

візації наприкінці протерозою більше древні кристалічні породи зазнали ультраметаморфізм і гранітизацію. Вони супроводжувалися лужним метасоматозом й утворенням гідротермальних родовищ урану, які відносяться до зон альбітитів. Рудні поклади складної форми мають нечіткі контури і визначаються тільки за результатами випробування. Руди прожилків – украленого типу містять у середньому близько 0,1% урану, заключеного в уранініті, настурані, уранотитанатах й інших мінералів. Вік уранових руд за даними ізотопних аналізів 1700-1600млн.років.

градско-Криворожской мобильной зоны субмеридионального простирания (рис. 3.33). В результате процессов тектономагматической активизации в конце протерозоя более древние кристаллические породы испытывали ультраметаморфизм и гранитизацию. Они сопровождалась щелочным метасоматозом и образованием гидротермальных месторождений урана, приуроченных к зонам альбититов. Рудные залежи сложной формы имеют нечеткие контуры и определяются только по результатам опробования. Руды прожилков – вкрапленного типа содержат в среднем около 0,1% урана, заключенного в уранините, настуране, уранотитанатах и других минералов. Возраст урановых руд по данным изотопных анализов 1700-1600 млн.лет.



Мал. 3.33.Геологічна карта Криворізького і Кіровоградського урановорудного району (по Н.П. Лаверову й ін.):

1 - архейські гнейси і кристалічні сланці фундаменту; 2 - гнейси, гранітогнейси, мігматити; 3 - протогеосинклінальний комплекс протерозоя; 4-5 - граніти раннього протерозоя: 4-ультраметаморфічні калієві, 5-порфірові й апліт-пегматоїдні; 6,7 - породи кінця раннього протерозоя: 6-габбро-анортозити, 7-лужні граніти; 8 - зони розломів; 9 - уранові родовища (1-Северинське, 2-Мичуринське, 3-Ватутинське, 4-Желтоводське, 5-Первомайське).

Рис. 3.33.Геологическая карта Криворожского и Кировоградского урановорудного района (по Н.П.Лаверову и др.):

1 – архейские гнейсы и кристаллические сланцы фундамента; 2 – гнейсы, гранитогнейсы, мигматиты; 3 – протогеосинклинальный комплекс протерозоя; 4-5 – граниты раннего протерозоя: 4-ультраметаморфические калиевые, 5-порфиоровые и аплит-пегматоидные; 6,7 – породы конца раннего протерозоя: 6-габбро-анортозиты, 7-щелочные граниты; 8 – зоны разломов; 9 – урановые месторождения (1-Северинское, 2-Мичуринское, 3-Ватутинское, 4-Желтоводское, 5-Первомайское).

Крім Кіровоградських родовищ урану в альбітитах, у районі м. Жовті Води є поклади урановорудних тіл у магнетитових рудах Криворізького типу. Уран-магнетитові руди представлені тонкорозсіяною вкрапленістю уранініту в доломіті і егірині, що асоціює з магнетитом. Родовища урану двох зазначених типів мають загальний генезис і відрізняються тим, що одні метасоматити розвивалися по породах залізорудної формації (Желтоводське, Першотравневе), а інші – по силікатних породах гранітоїдного складу (Ватуїнське, Мічурінське, Севериновське).

До гідротермального відносяться також родовища Стрельцовського рудного поля в межах Монголо-Приаргунського вулканічного поясу, Кокчетавського серединного масиву в Казахстані, Французького і Чеського серединних масивів (Буа-Ниар, Пршибрам, Яхимов та ін.), родовища центральної частини Алданського щита (Дружне, Елькон та ін.), а також родовища КНР, Бразилії та інших країн.

*Екзогенні родовища* урану містять біля половини світових запасів, і щорічно видобуток руд з них зростає. Це пов'язано із сприятливими технологічними властивостями руд, з яких уран легко витягається розведеними кислотами чи содовими розчинами. Широке застосування методу підземного вилуговування забезпечує низьку собівартість кінцевого продукту. Ці родовища широко розвинуті на всіх континентах, вони мають як правило просту пласто- і лінзоподібну форму і залягають згідно з вміщуючими породами.

Уранова мінералізація відноситься до вуглефікованих рослинних залишків, поблизу яких як правило червоноколірні

Кроме Кіровоградських месторождений урана в альбититах, в районе г. Желтые Воды имеются залежи урановорудных тел в магнетитовых рудах Криворожского типа. Уран-магнетитовые руды представлены тонкорассеянной вкрапленностью уранинита в доломите и эгирине, ассоциирующего с магнетитом. Месторождения урана двух указанных типов имеют общий генезис и отличаются тем, что одни метасоматиты развивались по породам железорудной формации (Желтоводское, Первомайское), а другие – по силикатным породам гранитоидного состава (Ватуинское, Мичуринское, Севериновское).

К гидротермальным относятся также месторождения Стрельцовского рудного поля в пределах Монголо-Приаргунского вулканического пояса, Кокчетавского срединного массива в Казахстане, Французского и Чешского срединных массивов (Буа-Нуар, Пршибрам, Яхимов и др.), месторождения центральной части Алданского щита (Дружное, Элькон и др.), а также месторождения КНР, Бразилии и других стран.

*Экзогенные месторождения* урана содержат около половины мировых запасов, и ежегодно добыча руд из них возрастает. Это связано с благоприятными технологическими свойствами руд, из которых уран легко извлекается разбавленными кислотами или содовыми растворами. Широкое применение метода подземного выщелачивания обеспечивает низкую себестоимость конечного продукта. Эти месторождения широко развиты на всех континентах, они имеют обычно простую пласто- и линзообразную форму и залегают согласно с вмещающими породами.

Урановая минерализация приурочена к углефицированным растительным остаткам, вблизи которых обычно красноцветные породы обелены и характеризуются

породи оббілені і характеризуються сірими, зеленими (до темних відтінків) фарбами. Рослинні залишки часто зберігають в урановій смолці, кофіниті, а також у піриті і мідних сульфідах найтоншу клітинну структуру. Крім вуглефікованих рослинних залишків зустрічаються також урановміщуючі рідкі й затверділі вуглеводні (тухоліти).

Завдяки вторинному окислюванню часто первинні *чорні руди* (з урановою смолкою, кофінитом і ванадієвої слюдкою) перетворюються у *жилінні руди* (окисні чи карнотитові).

Зазначені вторинні мінерали урану можуть додатково витримувати перетворення в процесі бактеріального кругообігу сірки (відновлення і випадання розчинних уранових з'єднань внаслідок дії  $H_2S$ ).

У морських умовах можливе утворення уранових концентрацій у фосфоритових родовищах. Прикладами є пермська фосфоритова формація в штатах Монтана, Айдахо, Вайомінг, Юта і Невада США, пліоценова формація в штаті Флорида США і фосфатний горизонт у північній Африці (Марокко, Єгипет, Нігерія, Того).

У морських чорних сланцях (сапропеліти і вугленосні осадки) зустрічаються уранові скупчення. При цьому між ураноносністю і вмістом органічного матеріалу існує пряма залежність, що пояснюється процесом нагромадження діоксиду урану (утворення гумінових з'єднань, адсорбція на органічній речовині, а також відновлення сірководнем і випадання  $UO_2$ ). У чорних сланцях уран більше пов'язаний з гумусовою речовиною (прибережні області) і менше – із сапропелітом.

Промислові концентрації урану нері-

ються сірими, зеленими (до темних відтінків) расцветками. Растительные остатки часто сохраняют в урановой смолке, коффините, а также в пирите и медных сульфидах тончайшую клеточную структуру. Кроме углефицированных растительных остатков встречаются также ураносодержащие жидкие и отвердевшие углеводороды (тухолиты).

Благодаря вторичному окислению часто первичные черные руды (с урановой смолкой, коффинитом и ванадиевой слюдкой) преобразуют в жильные руды (окисные или карнотитовые).

Указанные вторичные минералы урана могут дополнительно претерпевать преобразования в процессе бактеріального кругооборота серы (восстановление и выпадение растворимых урановых соединений вследствие действия  $H_2S$ ).

В морских условиях возможно образование урановых концентраций в фосфоритовых месторождениях. Примерами являются пермская фосфоритовая формація в штатах Монтана, Айдахо, Вайоминг, Юта и Невада США, пліоценовая формація в штате Флорида США и фосфатный горизонт в северной Африке (Марокко, Египет, Нигерія, Того).

В морских черных сланцах (сапропелиты и угленосные осадки) встречаются урановые скопления. При этом между ураноносностью и содержанием органического материала существует прямая зависимость, объясняющаяся процессом накопления диоксида урана (образование гуминовых соединений, адсорбция на органическом веществе, а также восстановление сероводородом и выпадение  $UO_2$ ). В черных сланцах уран больше связан с гумусовым веществом (прибрежные области) и меньше – с сапропелитом.

Промышленные концентрации урана не-

дко спостерігаються у вугільних родовищах. Накопичення тут відбувається внаслідок припливу урановміщуючих розчинів як під час седиментації органічної речовини в торф'яних болотах, так і після діагенезу і метаморфізму у вугільному пласті. При цьому ступінь концентрації залежить не від складу розчинів, а від загальної кількості урану, що накопичився в осадах у ході седиментації. Уран, як правило, знаходиться у виді дифузійно розподіленої уранової смолки, а також вторинних окисних мінералів, наприклад цойнериту, карнотиту та ін. Як приклад назвемо кам'яне вугілля в Англії і Франції, бурі вугілля мелу, палеогену і неогену в Югославії і США. Видобуток урану з вугілля до останнього часу здійснюється лише в невеликих розмірах. Для майбутнього він представляє великі резерви.

*Метаморфогенні родовища* урану розвинуті в районі Вітватерсранда, у південній частині Канадського щита (Елліот-Лейк), у Бразилії (Жакобіно та ін.), у масиві Шейю (Габон). Вони представлені ураноносними конгломератами, що залягають у нижній частині осадових товщ порід, що неузгоджено перекривають нижчезалягаючі архейські гранітогнейси. Формування родовищ відбувалося в інтервалі від 2,7 до 2,2млр.років. Вміст урану в рудних пластах близько 0,1%, він заключений у мінералах уранініті, бранериті, тухоліті та ін. Рудоносні пласти простежені на десятки кілометрів при середній потужності 1-2м. Разом з ураном у метаморфогенних родовищах зустрічається золото нерідко в промислових кількостях (Вітватерсранд), платина та інші мінерали. Ці родовища мають унікальні запаси урану й одними з перших були залучені в промислову розробку.

редко наблюдаются в угольных месторождениях. Накопление здесь происходит вследствие притока ураносодержащих растворов как во время седиментации органического вещества в торфяных болотах, так и после диагенеза и метаморфизма в угольном пласте. При этом степень концентрации зависит не от состава растворов, а от общего количества урана, накопившегося в осадках в ходе седиментации. Уран обычно находится в виде диффузионно распределенной урановой смолки, а также вторичных окисных минералов, например цойнерита, карнотита и др. В качестве примера назовем каменные угли в Англии и Франции, бурые угли мела, палеогена и неогена в Югославии и США. Добыча урана из углей до последнего времени осуществляется лишь в небольших размерах. Для будущего она представляет большие резервы.

*Метаморфогенные месторождения* урана развиты в районе Витватерсранда, в южной части Канадского щита (Эллот-Лейк), в Бразилии (Жакобино и др.), в массиве Шейю (Габон). Они представлены ураноносными конгломератами, залегающими в нижней части осадочных толщ пород, несогласно перекрывающих нижележащие архейские гранитогнейсы. Формирование месторождений происходило в интервале от 2,7 до 2,2млр.лет. Содержание урана в рудных пластах около 0,1%, он заключен в минералах уранините, браннерите, тухолите и других. Рудоносные пласты прослежены на десятки километров при средней мощности 1-2м. Вместе с ураном в метаморфогенных месторождениях встречается золото нередко в промышленных количествах (Витватерсранд), платина и другие минералы. Эти месторождения обладают уникальными запасами урана и одними из первых были вовлечены в промышленную разработку.



### 3.6 Рідкісні метали

До рідкісних (кларк менше 0,03%) відносять 35 елементів таблиці Менделєєва. Вони стали застосовуватися в нових областях народного господарства, техніки і науки лише в останні 30-50 років, тому академік В.І. Смирнов запропонував називати їх новими металами. Деякі з них (германій, селен, телур) у хімічному відношенні є неметалами. Використання рідкісних металів викликало до життя нові сфери їхнього застосування: ЕОМ, лазери, сонячна енергетика, аерокосмічна промисловість, усі ресурсо- і енергозберігаючі технології і т.д. Промислово-економічний рівень розвитку сучасних держав визначається не стільки масштабами застосування сталі і чавуну, скільки рідкісних металів. У Японії, наприклад, з 1960 по 1985р. споживання багатьох з них зросло в 10-25 разів. Дуже швидко росте споживання рідкісних металів у США, країнах Західної Європи.

За технічною класифікацією їх поділяють на чотири групи:

1)легкі (літій, берилій, рубідій, цезій);

2)рідкісноземельні чи лантаноїди (лантан, церій, празеодим, неодим, прометій, самарій, європій, гадоліній, тербій, диспрозій, гольмій, ербій, тулій, ітербій, лютецій і ітрій);

3)розсіяні (германій, індій, талій, галій, гафній, рений, кадмій, селен, телур);

4)тугоплавкі (цирконій, гафній, ніобій, тантал, скандій, ванадій).

Класифікація за геохімічними і металогенічними особливостями поділяє рідкісні на халькофільні елементи правої частини таблиці Менделєєва, літофільні, розташовані в лівій частині таблиці і сидерофільні в центральній частині таблиці Менделєєва.

### 3.6 Редкие металлы

К редким (кларк менее 0,03%) относят 35 элементов таблицы Менделеева. Они стали применяться в новых областях народного хозяйства, техники и науки лишь в последние 30-50 лет, поэтому академик В.И.Смирнов предложил называть их новыми металлами. Некоторые из них (германий, селен, теллур) в химическом отношении являются неметаллами. Использование редких металлов вызвало к жизни новые области их применения: ЭВМ, лазеры, солнечная энергетика, аэрокосмическая промышленность, все ресурсо- и энергосберегающие технологии и т.д. Промышленно-экономический уровень развития современных государств определяется не столько масштабами применения стали и чугуна, сколько редких металлов. В Японии, например, с 1960 по 1985гг. потребление многих из них возросло в 10-25 раз. Очень быстро растет потребление редких металлов в США, странах Западной Европы.

По технической классификации их делят на четыре группы:

1)легкие (литий, бериллий, рубидий, цезий);

2)редкоземельные или лантаноиды (лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, туллий, иттербий, лютеций и иттрий);

3)рассеянные (германий, индий, таллий, галлий, гафний, рений, кадмий, селен, теллур);

4)тугоплавкие (цирконий, гафний, ниобий, тантал, скандий, ванадий).

Классификация по геохимическим и металлогеническим особенностям делит редкие на халькофильные элементы правой части таблицы Менделеева, литофильные, расположенные в левой части таблицы и сидерофильные в центральной части таблицы Менделеева.

### 3.6.1 Легкі метали

Літій, рубідій і цезій відкриті в XIXст., а берилій – наприкінці XVIIIст., у виді металу отриманий тільки через 100 років. Застосування цих металів почалося в середині XXст. у різних галузях промисловості.

Літій – єдине промислове джерело ізотопу водню – тритію ( $H^3$ ), що є основним компонентом водневих бомб. Літій є теплоносієм атомних реакторів через велику теплоємність. Він відомий як найлегший метал (щільність  $0,5\text{г/см}^3$ ), добре утворює сплави майже з усіма металами, що відрізняються легкістю, великою твердістю і тугоплавкістю. Застосовується літій у скляній і керамічній промисловості, при одержанні алюмінію і виробництві хімічних джерел струму. Світові запаси літію складають більше 10млн.т, річний видобуток 11-12тис.т. Ціни за 1т літієвих концентратів – від 150 до 440\$ залежно від вмісту в них оксиду літію (4,2-7,25%).

Основні запаси літію зосереджені в рідкіснометальних гранітних пегматитах і в природних високомінералізованих водах.

Гранітні пегматити містять у промислових кількостях не тільки мінерали літію, але берилію, цезію, рубідію, а також танталу, ніобію, олова. Вони розвинуті в Канаді (Бернік-Лейк), Зімбабве (Бикита), Намібії (Карибіб), США (Блек-Хілс), Росії, Афганістані, Швеції. Альбіт-сподуменові і сподумен-мікроклін-альбітові пегматити здебільшого залягають у метаморфічних або інтрузивних породах. Вони мають потужність до 50-150м і довжина до 1-3км. Лепидоліт утворює у них зони довжиною більше 100м при потужності 10м, так що його запаси доходять до мільйонів тонн при вмісті  $Li_2O$  до 3-5%. У цих пегматитах велике промислове значення має також цезій.

### 3.6.1 Легкие металлы

Литий, рубидий и цезий открыты в XIXв, а бериллий – в конце XVIIIв, в виде металла получен только через 100 лет. Применение этих металлов началось в середине XXв в различных отраслях промышленности.

Литий – единственный промышленный источник изотопа водорода – трития ( $H^3$ ), являющегося основным компонентом водородных бомб. Литий является теплоносителем атомных реакторов из-за большой теплоемкости. Он известен как самый легкий металл (плотность  $0,5\text{г/см}^3$ ), хорошо образует сплавы почти со всеми металлами, которые отличаются легкостью, большой твердостью и тугоплавкостью. Применяется литий в стекольной и керамической промышленности, при получении алюминия и производстве химических источников тока. Мировые запасы лития составляют более 10млн.т, годовая добыча 11-12тыс.т. Цены за 1т литиевых концентратов – от 150 до 440\$ в зависимости от содержания в них оксида лития (4,2-7,25%).

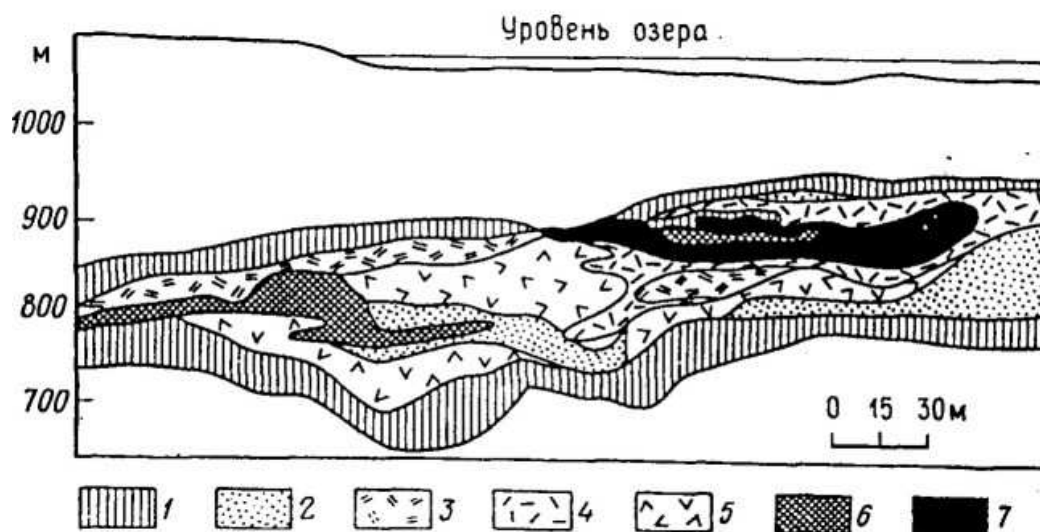
Основные запасы лития сосредоточены в редкометальных гранитных пегматитах и в природных высокоминерализованных водах.

Гранитные пегматиты содержат в промышленных количествах не только минералы лития, но бериллия, цезия, рубидия, а также тантала, ниобия, олова. Они развиты в Канаде (Берник-Лейк), Зимбабве (Бикита), Намибии (Карибиб), США (Блек-Хилс), России, Афганистане, Швеции. Альбит-сподуменовые и сподумен-микроклин-альбитовые пегматиты обычно залегают в метаморфических или интрузивных породах. Они имеют мощность до 50-150м и протяженность до 1-3км. Лепидолит образует в них зоны длиной более 100м при мощности 10м, так что его запасы достигают до миллионов тонн при содержании  $Li_2O$  до

Родовище Бернік-Лейк є комплексним унікальним родовищем літію, цеїзю, берилію і танталу. Воно представлено пегматитовим тілом довжиною більше 1км і потужністю до 5м серед метаморфічних сланців нижнього протерозою (мал.3.34). Для пегматитів характерно чітка зональна будова. У центральній частині знаходиться літієносна зона, а також лінзоподібний поклад поллуциту ( $CsAlSi_2O_6$ ) потужністю до 12м і довжиною більше 100м. У руді міститься 20,5% оксиду цеїзю (при мінімальному промисловому 0,3-0,5%), так що підраховані запаси є найбільшими у світі – 200тис.т  $Cs_2O$ . Вміст оксиду літію в альбіт-сподумен-петалітовій зоні 2,2-2,4%, у мікроклін-кварц-альбітовій зоні більше 4тис.т танталу, представленого мінералом ваджинітом. Бернік-Лейк дає 90% світового видобутку цеїзю і до 40% танталу.

3-5%. В этих пегматитах большое промышленное значение имеет также цезий.

Месторождение Берник-Лейк является комплексным уникальным месторождением лития, цезия, бериллия и тантала. Оно представлено пегматитовым телом длиной более 1км и мощностью до 5м среди метаморфических сланцев нижнего протерозоя (рис. 3.34). Для пегматитов характерно четкое зональное строение. В центральной части находится литиеносная зона, а также линзовидная залежь поллуцита ( $CsAlSi_2O_6$ ) мощностью до 12м и протяженностью более 100м. В руде содержится 20,5% оксида цезия (при минимальном промышленном 0,3-0,5%), так что подсчитанные запасы являются самыми крупными в мире – 200тыс.т  $Cs_2O$ . Содержание оксида лития в альбит-сподумен-петалитовой зоне 2,2-2,4%, в микроклин-кварц-альбитовой зоне более 4тыс.т тантала, представленного минералом ваджинитом. Берник-Лейк дает 90% мировой добычи цезия и до 40% тантала.



Мал. 3.34. Вертикальний розріз пегматитового тіла Танко (родовище Бернік Лейк, Канада)  
(по П. Черный і Р. Фергюсону):

1-7 - зони: 1-альбіт-кварц-мікроклінова, 2-дрібнозерниста кварц-альбітова, 3-мікроклін-альбіт-сподуменова, 4-сподумен-кварц-амблігонітова (із петалітом), 5-мікроклін-альбіт-кварцева (із танталовою мінералізацією), 6-кварцева, 7-поллуцитова.

Рис. 3.34. Вертикальный разрез пегматитового тіла Танко (месторождение Берник Лейк, Канада)  
(по П.Черный и Р.Фергюсону):

1-7 – зони: 1-альбит-кварц-микроклиновья, 2-мелкозернистая кварц-альбитовая, 3-микро-клин-альбит-сподуменовая, 4-сподумен-кварц-амблигонитовая (с петалитом), 5-микроклин-альбит-кварцевая (с танталовой минерализацией), 6-кварцевая, 7-поллуцитовая.

На території України в Кіровоградській області виявлені найбільше великі в Європі родовища літію з супутними цезієм, танталом і ніобієм. Вони пов'язані з петаліт-сподуменовими пегматитами докембрійського віку (Полоховське, Станковатське і Шевченківське родовища) з побіжними Nb, Ta, Cs. Літій міститься в петаліті (до 2% Li<sub>2</sub>O).

*Природні високомінералізовані води* містять основну масу екзогенних світових запасів літію. Серед них виділяються термальні води районів сучасної вулканічної активності (Нова Зеландія, Японія, Ісландія, Італія та ін.). У цих геотермальних водах, що мають величезні запаси, вміст літію досягає 20-27 мг/л, цезію – до 3,8, рубідію до 9,4. У ряді країн джерелом літію є також поховані хлоридні води (Мексиканська затока, Сильвер-Пік (США) та ін.), а також поверхнева хлоридно-натрієва і сульфатно-хлоридна ропа (озеро Серлз у Каліфорнії, Мертве море (Ізраїль), Велике Солоне озеро в штаті Юта та ін.). Запаси двоокису літію в них складають мільйони тонн при вмісті більше 60 мг/л. Поряд з літієм з ропи здобуваються рубідій і цезій. Ці два елементи відомі своїми незвичайними властивостями, наприклад, здатністю розплавлятися при температурах 39 і 28,5°C і спалахувати на повітрі. Завдяки своїм здатностям перетворювати промені світла в електрострум вони усе більше широко застосовуються в радіотехніці, електроніці, телебаченні, особливо кольоровому. Вимірювальна техніка і ракетно-космічна промисловість, плазмена радіотехніка надвисоких частот і військова справа, атомна техніка і хімічне виробництво, електроенергетика (МГД-генератори) і скляно-керамічна промисловість є основними сферами застосу-

На території України в Кіровоградській області виявлені найбільше великі в Європе месторождения лития с попутными цезием, танталом и ниобием. Они связаны с петалит-сподуменовыми пегматитами докембрийского возраста (Полоховское, Станковатское и Шевченковское месторождения) с попутными Nb, Ta, Cs. Литий содержится в петалите (до 2% Li<sub>2</sub>O).

*Природные высокоминерализованные воды* содержат основную массу экзогенных мировых запасов лития. Среди них выделяются термальные воды районов современной вулканической активности (Новая Зеландия, Япония, Исландия, Италия и др.). В этих геотермальных водах, имеющих громадные запасы, содержание лития достигает 20-27 мг/л, цезия – до 3,8, рубидия до 9,4. В ряде стран источником лития являются также погребенные хлоридные воды (Мексиканский залив, Сильвер-Пик (США) и др.), а также поверхностная хлоридно-натриевая и сульфатно-хлоридная рапа (озеро Серлз в Калифорния, Мертвое море (Израиль), Большое Солёное озеро в штате Юта и др.). Запасы двуокиси лития в них составляют миллионы тонн при содержании более 60 мг/л. Наряду с литием из рапы извлекаются рубидий и цезий. Эти два элемента известны своими необычными свойствами, например, способностью расплавляться при температурах 39 и 28,5°C и воспламеняться на воздухе. Благодаря своим способностям преобразовывать лучи света в электроток они все более широко применяются в радиотехнике, электронике, телевидении, особенно цветном. Измерительная техника и ракетно-космическая промышленность, плазменная радиотехника сверхвысоких частот и военное дело, атомная техника и химическое производство, электроэнергетика (МГД-генераторы) и стекльно-керамическая промышленность яв-

вання рубідію і цеїзю. Споживання рубідію в США складає близько 1т, а цеїзю перші десятки тон. Ціна на рубідій і цезій (99,9%) складала наприкінці ХХст. 4,5-5тис.доларів за 1кг. Промисловими мінералами є лепідоліт і полуцит деяких пегматитових родовищ, а також холмквістит-цеїзеві метасоматити (Східні Саяни) і нефелін-апатитові руди (Хібіни). Важливим джерелом цих рідкісних металів є також природні високомінералізовані води, а для рубідію – мінерал карналіт соленосних басейнів світу (Канада, Росія, Польща, Іспанія, Німеччина).

*Берилій* унікально з'єднує дуже важливі для нової техніки хімічні, фізичні і механічні властивості: легкість ( $1,8\text{г}/\text{см}^3$ ), висока міцність, твердість (легко ріже скло), стійкість до корозії, здатність давати сплави з багатьма металами облагороджуючи їхні специфічні ядерно-фізичні характеристики та інші цінні властивості обумовили ефективне використання берилію в атомній енергетиці, авіації, ракетно-космічній промисловості, машино- і приладобудуванні, суднобудуванні, радіотехніці і силікатній галузі промисловості і т.д. Світові запаси  $\text{BeO}$  (без країн СНД) оцінювалися наприкінці ХХст. більше 1,1млн.т, вони зосереджені в основному в США, Бразилії, Індії і КНР. Видобуток мінералів берилію в перерахуванні на  $\text{BeO}$  перевищує 1тис.т. Вартість металевого берилію (98,55) оцінювалася від 500 до 1500 доларів за 1кг. Великі родовища берилію мають запаси  $\text{BeO}$  100-40тис.т, рядові 40-10тис.т. Руди із вмістом більше 0,5%  $\text{BeO}$  вважаються багатими, бідними – 0,1-0,04%. Головні промислові мінерали – берил, берtrandит, фенакіт. Вони відносяться до пегматитових, грейзенових, гідротермальнометасоматичних родовищ. Вміст берилію

являються основними областями применения рубидия и цезия. Потребление рубидия в США составляет около 1т, а цезия первые десятки тонн. Цена на рубидий и цезий (99,9%) составляли в конце ХХв 4,5-5тыс.долларов за 1кг. Промышленными минералами являются лепидолит и полуцит некоторых пегматитовых месторождений, а также холмквистит-цезиевые метасоматиты (Восточные Саяны) и нефелин-апатитовые руды (Хибины). Важным источником этих редких металлов являются также природные высокоминерализованные воды, а для рубидия – минерал карналит соленосных бассейнов мира (Канада, Россия, Польша, Испания, ФРГ).

*Бериллий* уникально сочетает многие важные для новой техники химические, физические и механические свойства: легкость ( $1,8\text{г}/\text{см}^3$ ), высокая прочность, твердость (легко режет стекло), стойкость к коррозии, способность давать сплавы с многими металлами облагораживая их специфические ядерно-физические характеристики и другие ценные свойства обусловили эффективное использование бериллия в атомной энергетике, авиации, ракетно-космической промышленности, машино- и приборостроении, судостроении, радиотехнике и силикатной отрасли промышленности и т.д. Мировые запасы  $\text{BeO}$  (без стран СНГ) оценивались в конце ХХв более 1,1млн.т, они сосредоточены в основном в США, Бразилии, Индии и КНР. Добыча минералов бериллия в пересчете на  $\text{BeO}$  превышает 1тыс.т. Стоимость металлического бериллия (98,55) оценивалась от 500 до 1500 долларов за 1кг. Крупные месторождения бериллия имеют запасы  $\text{BeO}$  100-40тыс.т, рядовые 40-10тыс.т. Руды с содержанием более 0,5%  $\text{BeO}$  считаются богатыми, бедными – 0,1-0,04%. Главные промышленные минералы – берилл, берtrandит, фенакіт.

закономірно зростає від ультраосновних порід (0,2г/т) до кислих (3,5г/т). Більше за все берилію в лужних аґпайтових нефелінових сієнітах (до 18г/т). Тому великі родовища з багатими рудами виявлені останнім часом у зв'язку з лужними породами, зокрема, з лужними гранітами.

Промислові пегматитові родовища берилію, у яких єдиним цінним мінералом є берил, знаходяться в Бразилії, Заїрі, Зімбабве. Пегматитові тіла лінзо- і жиллопо-дібної форми довжиною 100-150м і потужністю 5-30м містять 0,1-0,2% BeO. Поряд з бериллом у них здебільшого знаходиться тантал у промислових кількостях.

Рідкіснометальні грейзени з бериллом і смарагдом (зелений прозорий дорогоцінний різновид) відомі на Уралі (Смарагдові копії), у Єгипті, Південній Африці, Австралії, Індії. Найбільший у світі смарагд (2400 карат) був знайдений на родовищі Сомераст у Південній Африці у вигляді кристала розміром 35x12см. Жили рідкіснометальних грейзенів Смарагдових копій відносяться до екзоконтакту гранітоїдів із серпентинізованими ультраосновними породами. Ці жили олігоклаз-флогопітового складу містять берил, смарагдову зелень. Запаси BeO перевищують 10тис.т при його вмісті до 0,15%. Особливу цінність родовищу додають знахідки дорогоцінного смарагду.

Грейзени з кварц-вольфраміт-берилловими жилами відомі в Казахстані, де вони розташовуються в кварц-хлоритових сланцях над пологим схилом інтрузивного масиву мусковитових гранітів. Бериллоносні грейзени в 5-10 разів багатші від пегматитів по вмісту BeO, але весь берил тут дрібний і витягається флотацією, а не рудорозборкою. Запаси цих родовищ нараховують тисячі тонн BeO. Берилієносні

Они приурочены к пегматитовым, грейзеновым, гидротермально-метасоматическим месторождениям. Содержание бериллия закономерно возрастает от ультраосновных пород (0,2г/т) к кислым (3,5г/т). Больше всего бериллия в щелочных аґпайтовых нефелиновых сиенитах (до 18г/т). Поэтому крупные месторождения с богатыми рудами выявлены в последнее время в связи с щелочными породами, в частности, с щелочными гранитами.

Промышленные пегматитовые месторождения бериллия, в которых единственным ценным минералом является берилл, находятся в Бразилии, Заире, Зимбабве. Пегматитовые тела линзо- и жиллообразной формы длиной 100-150м и мощностью 5-30м содержат 0,1-0,2% BeO. Наряду с бериллом в них обычно находится тантал в промышленных количествах.

Редкометальные грейзены с бериллом и изумрудом (зеленая прозрачная драгоценная разновидность) известны на Урале (Изумрудные копи), в Египте, Южной Африке, Австралии, Индии. Самый крупный в мире изумруд (2400 карат) был найден на месторождении Сомераст в Южной Африке в виде кристалла размером 35x12см. Жилы редкометальных грейзенов Изумрудных копий приурочены к экзоконтакту гранитоидов с серпентинизированными ультраосновными породами. Эти жилы олигоклаз-флогопитового состава содержат берилл, изумрудную зелень. Запасы BeO превышают 10тыс.т при его содержании до 0,15%. Особую ценность месторождению придают находки драгоценного изумруда.

Грейзены с кварц-вольфрамит-берилловыми жилами известны в Казахстане, где они располагаются в кварц-хлоритовых сланцах над пологим склоном интрузивного массива мусковитовых гранитов. Бериллоносные грейзены в 5-10 раз богаче пегмати-

метасоматити представлені трубоподібними, лінзоподібними, пластовими і жильними тілами неправильної форми в різних метаморфізованих і змінених осадових, осадовчно-вулканогенних і гранітоїдних породах. Берилієві руди складені кварц-мусковитовими та іншими метасоматитами з берилом, берtrandитом, фенакітом та іншими мінералами. Ці родовища відрізняються великими запасами (30-50 тис.т BeO) при середньому його вмісті близько 1%. У північно-західній частині Українського щита виявлено, розвідано і підготовлено до освоєння унікальне за запасами *Пержанське родовище* високоякісних берилієвих руд у польовошпатових метасоматитах. Берилій тут пов'язаний з гентгельвіном –  $Zn_8S_2[BeSiO_4]_6$ , що раніш вважався дуже рідким мінералом. Родовище представляє також промисловий інтерес як сировинна база танталу, ніобію, рідкісних земель, цирконію, літію та інших металів.

### 3.6.2 Рідкісні землі

Рідкісноземельними елементами чи лантаноїдами називають групу хімічно подібних елементів, починаючи від лантану (№57 таблиці Менделєєва) до лютецію (№71). До них відноситься також ітрій (№39) через близький іонний радіус і, отже, подібність хімічних властивостей і спільного перебування в природі. Рідкісні землі були відкриті наприкінці XVIII – початку XIXст., встановлено, що їх атомні й іонні радіуси закономірно зменшуються від лантану до лютецію. Це явище називають «лантаноїдним стиском».

тов по содержанию BeO, но весь берилл здесь мелкий и извлекается флотацией, а не рудоразборкой. Запасы этих месторождений насчитывают тысячи тонн BeO. Бериллиеносные метасоматиты представлены трубообразными, линзообразными, пластовыми и жильными телами неправильной формы в различных метаморфизованных и измененных осадочных, осадочно-вулканогенных и гранитоидных породах. Бериллиевые руды сложены кварц-мусковитовыми и иными метасоматитами с бериллом, берtrandитом, фенакитом и другими минералами. Эти месторождения отличаются большими запасами (30-50 тыс.т BeO) при среднем его содержании около 1%. В северо-западной части Украинского щита выявлено, разведано и подготовлено к освоению уникальное по запасам *Пержанское месторождение* высококачественных бериллиевых руд в полевошпатовых метасоматитах. Бериллий здесь связан с гентгельвином –  $Zn_8S_2[BeSiO_4]_6$ , который раньше считался очень редким минералом. Месторождение представляет также промышленный интерес как сырьевая база тантала, ниобия, редких земель, циркония, лития и других металлов.

### 3.6.2 Редкие земли

Редкоземельными элементами или лантаноидами называют группу химически сходных элементов, начиная от лантана (№57 таблицы Менделеева) до лютеция (№71). К ним относится также иттрий (№39) ввиду близости ионного радиуса и, следовательно, сходства химических свойств и совместного нахождения в природе. Редкие земли были открыты в конце XVIII – начале XIXвв., встановлено, что их атомные и ионные радиусы закономірно уменьшаются от лантана к лютецию. Это явление называют «лантаноидным сжати-

Перші чотири елементи (№57-60) називають церієвими, а інші (№62-71) близькі до ітрію, одержали назву групи ітрієвих рідкісних земель. Усі лантаноїди мають високу хімічну активність і взаємодіють майже з всіма елементами при порівняно низьких температурах. З багатьма металами вони утворюють сплави з дуже важливими властивостями, що обумовило їх усе більше широке застосування в промисловості. Використання лантану як добрива в Казахстані, КНР дозволило істотно підвищити врожай пшениці, бавовни та інших культур. Відомо більше 100 важливих сфер застосування лантаноїдів. Головними з них є:

- виготовлення мініатюрних, але сильних магнітів для ЕОМ, фото- і телекамер, автомеханізмів, сенсорних датчиків та ін. Ринок збуту цих магнітів на основі неодиму з додаванням бору і заліза зростає на 15% у рік;

- рідкісноземельно-нікель-гідридні акумулятори і батареї як портативне і легке джерело електроструму. Щорічне виробництво в Японії досягає сотень мільйонів таких батарей. Застосування: в мобільних телефонах, комп'ютерах, електронному устаткуванні;

- каталізатори на основі церію і лантану для значного зменшення шкідливих викидів автотранспорту в атмосферу продуктів згоряння бензину (США та ін. країни), крекінгу нафти, у кольоровому телебаченні (європей, ітрій), металургійна, скляна, керамічна й інші галузі промисловості.

Щорічний попит на лантаноїди зростає на 10%, він склав у 2000р. близько 100000т. Головним виробником рідкісних земель є КНР (90%), значно менше виробляється у США, де видобуток знизився за останні роки з 40тис.т до 5тис.т,

ем». Первые четыре элемента (№57-60) называют цериевыми цена на 2004г 3,7 \$/кг, а остальные (№62-71) близкие к иттрию цена на 2004г составила 29,5 \$/кг, получили название группы иттриевых редких земель. Все лантаноиды имеют высокую химическую активность и взаимодействуют почти со всеми элементами при сравнительно низких температурах. Со многими металлами они образуют сплавы с очень важными свойствами, что обусловило их все более широкое применение в промышленности. Использование лантана в качестве удобрения в Казахстане, КНР позволило существенно повысить урожай пшеницы, хлопка и других культур. Известно более 100 важных областей применения лантаноидов. Главными из них являются:

- изготовление миниатюрных, но сильных магнитов для ЭВМ, фото- и телекамер, автомеханизмов, сенсорных датчиков и др. Рынок сбыта этих магнитов на основе неодима с добавлением бора и железа растет на 15% в год;

- редкоземельно-никель-гидридные аккумуляторы и батареи как портативный и легкий источник электротока. Ежегодное производство в Японии достигает сотен миллионов таких батарей. Применение в мобильных телефонах, компьютерах, электронном оборудовании;

- катализаторы на основе церия и лантана для значительного уменьшения вредных выбросов автотранспорта в атмосферу продуктов сгорания бензина (США и др. страны), крекинга нефти, в цветном телевидении (европей, иттрий), металлургическая, стекольная, керамическая и другие отрасли промышленности.

Ежегодный спрос на лантаноиды растет на 10%, он составил в 2000г около 100000т. Главным производителем редких земель является КНР (90%), значительно меньше



Росія (2,4тис.т), Норвегія (850т) та інші країни. Найбільшими імпортерами рідкісноземельної продукції є США, Японія, Франція. Для виробництва рідкісних земель у промисловості використовуються 4-5 мінералів (бестнезит –  $\text{CeF}(\text{CO}_3)_2$ , монацит –  $\text{CePO}_4$ , ксенотим –  $\text{YPO}_4$ , лопарит –  $\text{NaCeTi}_2\text{O}_6$ , паризит –  $\text{CaCe}_2(\text{CO}_3)_2\text{F}_2$ , а також збагачені лантаноїдами глини (тільки в КНР).

Основна частина промислових запасів рідкісноземельних елементів зосереджена в бастнезиті родовища Байюнь-Обо (КНР) і в монациті розсіпів Австралії та інших країн. Ціни на ітрієві лантаноїди за вартістю в 10-40 разів перевершують церієві.

Основна частина запасів ітрієвих земель (60%) і близько 90% церієвих приходить на рахунок магматичних родовищ. Метаморфізовані конгломерати типу Блайнд-Рівер і Вітватерсранду містять 20% світових запасів ітрієвих лантаноїдів. Екзогенні родовища мають 20% запасів ітрієвих і 10% церієвих земель.

Головними типами промислових родовищ лантаноїдів є *карбонатитові*, до яких відносяться унікальні родовища Байюнь-Обо (КНР) і Маунтін-Пасс (США), а також родовища в лужних породах.

*Родовище Байюнь-Обо* знаходиться у Внутрішній Монголії (КНР) в області зчленування архейського кристалічного фундаменту з герцинською складчастою областю. Воно було відкрито в 1927р. як залізорудне, а в 60 роках установлена наявність у рудах промислових вмістів рідкісних земель і ніобію. За оцінками китайських геологів, у ньому зосереджено 5/6 світових запасів рідкісних земель, йому належить друге місце у світі за запасами ніобію, а кількість заліза тут

виробляють США, де добыча снизилась за последние годы с 40тыс.т до 5тыс.т, Россия (2,4тыс.т), Норвегия (850т) и другие страны. Крупнейшими импортерами редкоземельной продукции являются США, Япония, Франция. Для производства редких земель в промышленности используются 4-5 минералов (бестнезит –  $\text{CeF}(\text{CO}_3)_2$ , монацит –  $\text{CePO}_4$ , ксенотим –  $\text{YPO}_4$ , лопарит –  $\text{NaCeTi}_2\text{O}_6$ , паризит –  $\text{CaCe}_2(\text{CO}_3)_2\text{F}_2$ , а также обогащенные лантаноидами глины (только в КНР).

Основная часть промышленных запасов редкоземельных элементов заключена в бастнезите месторождения Байюнь-Обо (КНР) и в монаците россыпей Австралии и других стран. Цены на иттриевые лантаноиды по стоимости в 10-40 раз превосходят цериевые.

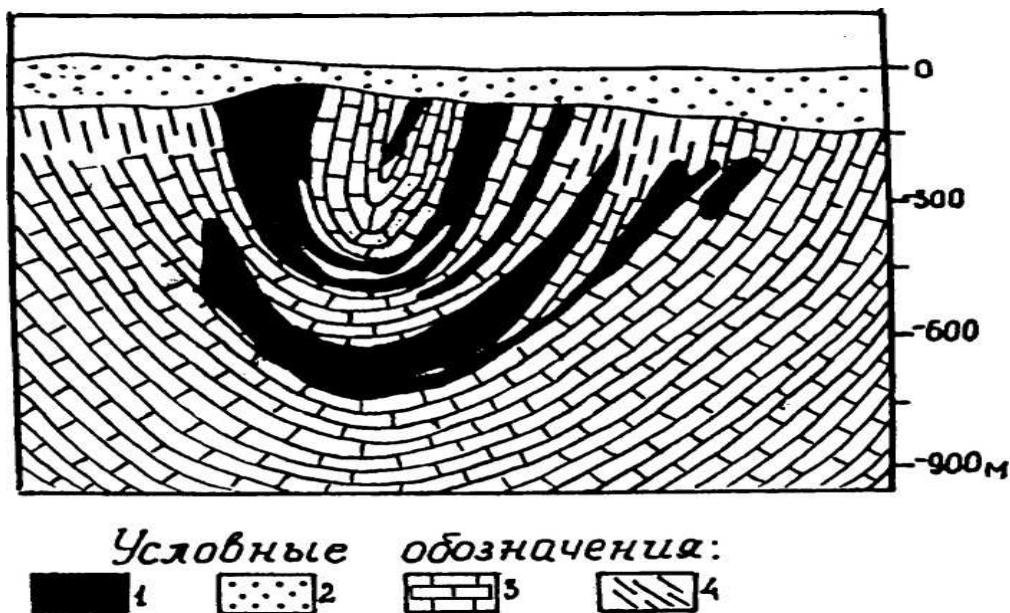
Основная часть запасов иттриевых земель (60%) и около 90% цериевых приходится на долю магматических месторождений. Метаморфизованные конгломераты типа Блайнд-Ривер и Витватерсранда содержат 20% мировых запасов иттриевых лантаноидов. Экзогенные месторождения имеют 20% запасов иттриевых и 10% цериевых земель.

Главными типами промышленных месторождений лантаноидов является карбонатитовый, к которому относятся уникальные месторождения Байюнь-Обо (КНР) и Маунтин-Пасс (США), а также месторождения в щелочных породах.

*Месторождение Байюнь-Обо* находится во Внутренней Монголии (КНР) в области сочленения архейского кристаллического фундамента с герцинской складчатой областью. Оно было открыто в 1927г как железорудное, а в 60<sup>х</sup> годах установлено наличие в рудах промышленных содержаний редких земель и ниобия. По оценкам китайских геологов в нем сосредоточено 5/6 мировых

складає 1млр.т. Рудоносна зона із вмістом бастнезита 6-10% у контурі промислових залізних руд простягається в широтному напрямі на 16км, досягаючи в поперечнику 3км. Вона поділяється на Західну, Центральну і Східну ділянки. Складчато залягаючі рудні тіла цих ділянок розміщуються згідно з доломітами протерозою (1500млн.років), що перешаровуються з різними сланцями. Під впливом інтенсивного гідротермального метасоматозу ці сланці перетворені в слюдити і егірин-рибекітові породи. Окремі пластоподібні і лінзоподібні рудні тіла мають круте (60-75°) зустрічне падіння. Просліджуючись на відстань до 1км і стуляючись на глибині в осевій частині синкліналі, вони утворюють 3-4 яруси зруденіння (мал.3.35). Магматичні породи району родовища представлені біотитовими гранітами, лужними габро, а також численними дайками карбонатитів. У кальциті і доломіті даєк вміст лантановідів складає 1,9-3,5%.

запасов рідких земель, ему належить второе место в мире по запасам ниобия, а количество железа здесь составляет 1млр.т. Рудоносная зона с содержанием бастнезита 6-10% в контуре промышленных железных руд протягивается в широтном направлении на 16км, достигая в поперечнике 3км. Она делится на Западный, Центральный и Восточный участки. Складчато залегающие рудные тела этих участков размещаются согласно с вмещающими доломитами протерозоя (1500млн.лет), которые переслаиваются с различными сланцами. Под влиянием интенсивного гидротермального метасоматоза эти сланцы превращены в слюдиты и эгирин-рибекитовые породы. Отдельные пластообразные и линзовидные рудные тела имеют крутое (60-75°) встречное падение (рис.3.35). Проследиваясь на расстояние до 1км и смыкаясь на глубине в осевой части синклинали, они образуют 3-4 яруса оруденения. Магматические породы района месторождения представлены биотитовыми гранитами, щелочными габбро, а также многочисленными дайками карбонатитов. В кальците и доломите даек содержание лантаноидов составляет 1,9-3,5%.



Мал. 3.35. Поперечний геологічний розріз Західного рудного покладу Байюнь Обо:  
1 - рудні тіла; 2 - рихлі відкладення; 3 - доломіти; 4 - слюдити.

Рис. 3.35. Поперечный геологический разрез Западной рудной залежи Байюнь Обо:  
1 - рудные тела; 2 - перекрывающие рыхлые отложения; 3 - доломиты; 4 - слюдиты.

Головними рідкоземельними мінералами родовищ є монацит, бастнезит, ешиніт, а також новий мінерал хуанхит  $(Ce,La)Ba(CO_3)_2F$ . Ніобій-вміщуючі мінерали представлені пірохлором  $(Ca,Na)_3(Nb,Ti)_2O_6$ , ешинітом -  $(Ce,Ca,Th)(Ti,Nb)_2O_6$  та ін. Магнетит, гематит і мартит є головними компонентами руд. Всього на родовищі встановлено 170 мінеральних видів.

Генезис родовища складний і характерний тривалістю процесів рудоутворення, що протікали в період від 1400 до 400млн.років. Первинно-осадкові залізовмісні карбонати під впливом метаморфізму утворили магнетит-гематитові руди, на які була накладена ніобій-рідкісноземельна мінералізація, пов'язана з більше пізнім (протерозой – нижній палеозой) карбонатитовим магматизмом. Родовище розробляється кар'єрами (Головна і Східна ділянки) і є головним джерелом рідкісних земель у світі.

*Рідкіснометальні родовища в лужних гранітах і сієнітах* відомі в Україні, Нігерії, Єгипті, Росії, Саудівській Аравії. Прикладом є *Азовське рідкоземельне родовище*, розташоване в Східній частині Приазовського блоку Українського щита. Воно відноситься до розширеного лополітоподібного масиву лужних сієнітових порід протерозою віком близько 1750млн.років, що посідає площу 3,8км<sup>2</sup>.

Сієніти розрізняються своїм мінеральним складом, кольором і структурно-текстурними особливостями, так що серед них виділяється більше 10 різновидів. Рідкісноземельне з цирконом зруденіння належить до такситових сієнітів лужно-польовошпатового складу з кристалами польового шпату в 3-4см, амфіболами та іншими метасоматичними утвореннями. Продуктивна зона має серповидну в пла-

Главними рідкоземельними мінералами месторождения являются монацит, бастнезит, эшинит, а также новый минерал хуанхит  $(Ce,La)Ba(CO_3)_2F$ . Ниобий-содержащие минералы представлены пирохлором  $(Ca,Na)_3(Nb,Ti)_2O_6$ , эшинитом -  $(Ce,Ca,Th)(Ti,Nb)_2O_6$  и другими. Магнетит, гематит и мартит являются главными компонентами руд. Всего на месторождении установлено 170 минеральных видов.

Генезис месторождения сложный и характерен длительностью процессов рудообразования, протекавших в период от 1400 до 400млн.лет. Первично-осадочные железосодержащие карбонаты под влиянием метаморфизма образовали магнетит-гематитовые руды, на которые была наложена ниобий-редкоземельная минерализация, связанная с более поздним (протерозой – нижний палеозой) карбонатитовым магматизмом. Месторождение разрабатывается карьерами (Главный и Восточный участки) и является главным источником редких земель в мире.

*Редкометальные месторождения в щелочных гранитах и сиенитах* известны в Украине, Нигерии, Египте, России, Саудовской Аравии. Примером является *Азовское редкоземельное месторождение*, расположенное в Восточной части Приазовского блока Украинского щита. Оно приурочено к расслоенному лополитообразному массиву щелочных сиенитовых пород протерозоя возрастом около 1750млн. лет, занимающему площадь 3,8км<sup>2</sup>.

Сиениты различаются своим минеральным составом, цветом и структурно-текстурными особенностями, так что среди них выделяется более 10 разновидностей. Редкоземельное с цирконом оруденение приурочено к такситовым сиенитам щелочно-полевошпатового состава с кристаллами полевого шпата в 3-4см, амфиболами и дру-

ні форму довжиною 1800м і потужністю до 450м у центральній частині. По падінню (<40-60°) вона простежена на 500-600м. Запаси рідкісних земель і двоокису цирконію складають близько 1млн.т кожного виду сировини. Рудні мінерали представлені цирконом, бастнезитом, бритолітом, ортитом, часто зустрічається флюорит. Вміст суми оксидів рідкісних земель у середньому 1-1,5% (місцями до 12,7%), а двоокису цирконію в 1,5 рази вище. Серед рідкісних земель головними є лантаноїди (80-90%). Вміст ітрію і ітрієвих земель досягає 8,5%. Промисловий інтерес мають лантан, неодим, ербій, самарій, лютецій та ітрій. Родовище є найбільшим в Європі і порівнянно із найбільшими родовищами КНР і Росії, відрізняючись від них комплексним (циркон) складом руд.

Рідкіснометальні лужні граніти, відомі в різних країнах світу, містять пірохлор, колумбіт, циркон, торит, каситерит й інші мінерали. Промисловий інтерес представляють ітрій і ітрієві лантаноїди, а також тантал, ніобій, цирконій, гафній й інші метали. На їхню частку приходиться головна частина світових запасів ітрію і ітрієвих лантаноїдів, третя частина запасів цирконію, четверта – танталу, а також істотні ресурси ніобію, церієвих земель, літію, рубідію і радіоактивних елементів. У майбутньому, на думку Н.А.Солодова, ці лужні граніти з типоморфними лужними амфіболами і піроксенами, біотитом, літієвими слюдами, можуть скласти основу світової рідкіснометальної бази.

гими метасоматическими образованиями. Продуктивная зона имеет серповидную в плане форму длиной 1800м и мощностью до 450м в центральной части. По падению (<40-60°) она прослежена на 500-600м. Запасы редких земель и двуокиси циркония составляют около 1млн.т каждого вида сырья. Рудные минералы представлены цирконом, бастнезитом, бритолітом, ортитом, часто встречается флюорит. Содержание суммы оксидов редких земель в среднем 1-1,5% (местами до 12,7%), а двуокиси циркония в 1,5 раза выше. Среди редких земель главными являются лантаноиды (80-90%). Содержание иттрия и иттриевых земель достигает 8,5%. Промышленный интерес имеют лантан, неодим, эрбий, самарий, лютеций и иттрий. Месторождение является самым крупным в Европе и сопоставимо с самыми крупными месторождениями КНР и России, отличаясь от них комплексным (циркон) составом руд.

Редкометальные щелочные граниты, известные в разных странах мира, содержат пирохлор, колумбит, циркон, торит, каситерит и другие минералы. Промышленный интерес представляют иттрий и иттриевые лантаноиды, а также тантал, ниобий, цирконий, гафний и другие металлы. На их долю приходится главная часть мировых запасов иттрия и иттриевых лантаноидов, третья часть запасов циркония, четвертая – тантала, а также существенные ресурсы ниобия, цериевых земель, лития, рубидия и радиоактивных элементов. В будущем, по мнению Н.А.Солодова, эти щелочные граниты с типоморфными щелочными амфиболами и пироксенами, биотитом, литиевыми слюдами, могут составить основу мировой редкометальной базы.

### 3.6.3 Розсіяні метали

Як правило ці метали здобуваються попутно при переробці вугіль, сульфідних мідних, свинцево-цинкових й інших руд, оскільки вони рідко утворюють самостійні родовища.

*Германій* передбачений Д.І. Менделєєвим у 1871р., а відкритий німецьким ученим К. Вінклером у 1886р. Уперше почав застосовуватися в електроніці в 40-х роках, широко використовується в обчислювальній техніці, волоконній оптиці, військовій справі і т.д. Практичний інтерес для супровідного вилучення представляють буре і кам'яне вугілля, а також оксидні залізні руди при мінімальному вмісті 8-10г/т германію і підземні води (0,00005м/т). Витяг германію із сульфідних руд при існуючих технологіях доцільний при вмісті германію не менше 150г/т. Ціни на надчистий германій, що користується найбільшим попитом, у 2000р. перевищили 1000\$/кг, а технічний - 800\$/кг. Його світове споживання в другій половині ХХст. збільшелося в тисячу разів і склало в 2000р. близько 1000т. Основними виробниками є Заір, США, Намібія, Канада, Бельгія, Франція, Японія.

Виділяються дві групи германієвміщуючих родовищ: власні вугільні і сульфідно-сульфосоляні при вмісті 100-150г/т і більше, а також комплексні руди кольорових, чорних металів і вугілля, у яких германій є супровідним елементом при його більше низькому вмісті.

Для родовищ докембрійських залізистих кварцитів України і Росії середній вміст германію бг/т, у магнетитових кварцитах Кременчуцького району в середньому 29г/т (від 9 до 50). Головним мінералом-концентратом германію, за даними В.М.Григор'єва, є магнетит.

Германій як супровідний елемент при-

### 3.6.3 Рассеянные металлы

Обычно эти металлы извлекаются попутно при переработке углей, сульфидных медных, свинцево-цинковых и других руд, поскольку они редко образуют самостоятельные месторождения.

*Германий* предсказан Д.И. Менделеевым в 1871г, а открыт немецким ученым К.Винклером в 1886г. Впервые начал применяться в электронике в 40<sup>х</sup> годах, широко используется в вычислительной технике, волоконной оптике, военном деле и т.д. Практический интерес для попутного извлечения представляют бурые и каменные угли, а также оксидные железные руды при минимальном содержании 8-10г/т германия и подземные воды (0,00005г/т). Извлечение германия из сульфидных руд при существующих технологиях целесообразно при содержании германия не менее 150г/т. Цены на сверхчистый германий, пользующийся наибольшим спросом, в 2000г превысили 1000\$/кг, а технический - 800\$/кг. Его мировое потребление во второй половине ХХв увеличилось в тысячу раз и составило в 2000г около 1000т. Основными производителями являются Заир, США, Намибия, Канада, Бельгия, Франция, Япония.

Выделяются две группы германийсодержащих месторождений: собственные угольные и сульфидно-сульфосоляные при содержании 100-150г/т и более, а также комплексные руды цветных, черных металлов и углей, в которых германий является попутным элементом при его более низком содержании.

Для месторождений докембрійских железистых кварцитов Украины и России среднее содержание германия бг/т, в магнетитовых кварцитах Кременчугского района в среднем 29г/т (от 9 до 50). Главным минералом-концентратом германия по данным В.М.Григорьева является магнетит.

сутній у кам'яному вугіллі Донецького і Львівсько-Волинського басейнів, а також лігнітах Закарпаття. На даний час промислове значення мають концентрації германію в коксівному вугіллі, тому що на деяких коксохімічних заводах діють установки з витягу германію з кам'яновугільних смол і надсмольних вод. Загальні запаси германію по промислових категоріях у вугіллях України перевищують 50 тис. т. Високий вміст (до 800-1000 г/т) характерний для лігнітів Закарпаття (Беганьське родовище), що можуть бути першочерговим об'єктом промислового освоєння. Германіє-вугільні родовища відомі на Далекому Сході Росії і Сахаліні, де кайнозойське вуглеутворення відбувалося на тлі загасаючого вулканізму. Вугілля тут, як і в Закарпатті, – буре.

Родовища Заїру (Кипуши) і Намібії (Цумеб, Асис) є основними постачальниками германію на світовий ринок. Тут у верхньопротерозойських осадових породах розташовуються мідні і свинцево-цинкові родовища, серед яких залягають руди з германієвими мінералами – германітом  $Cu_3GeS_4$  і реньєритом  $(Cu,Fe,Ge)S$  що містять від 10,6 до 8,7% германію. Запаси германію нараховують тут тисячі тонн.

*Галій*, як і германій, був передбачений Д.І. Менделєєвим, а в 1875р. французький хімік Лекок де Буабодран знайшов його у сфалериті. Арсенід галію широко використовується при виробництві лазерів, радіоприладів, телебаченні та ін. З галій-гадолінієвих гранатів виготовляють запам'ятовуючі пристрої ЕОМ. Джерелами промислового одержання галію є нефеліни, боксити і руди цинку. Ресурси галію в бокситах країн Європи, ПАР, Північної Америки й Австралії складають

Германій как попутный элемент присутствует в каменных углях Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов, а также лигнитах Закарпаття. В настоящее время промышленное значение имеют концентрации германия в коксующихся углях, т.к. на некоторых коксохимических заводах действуют установки по извлечению германия из каменноугольных смол и надсмольных вод. Общие запасы германия по промышленным категориям в углях Украины превышают 50 тыс. т. Высокие содержания (до 800-1000 г/т) характерны для лигнитов Закарпаття (Беганьское месторождение), которые могут быть первоочередным объектом промышленного освоения. Германий-угольные месторождения известны на Дальнем Востоке России и Сахалине, где кайнозойское углеобразование происходило на фоне затухающего вулканизма. Угли здесь, как и в Закарпатье – бурые.

Месторождения Заира (Кипуши) и Намибии (Цумеб, Асис) являются основными поставщиками германия на мировой рынок. Здесь в верхнепротерозойских осадочных породах располагаются медные и свинцево-цинковые месторождения, среди которых залегают руды с германиевыми минералами – германитом  $(Cu_3GeS_4)$  и реньєритом  $(Cu,Fe,Ge)S$ , содержащим от 10,6 до 8,7% германия. Запасы германия насчитывают здесь тысячи тонн.

*Галлий*, как и германій, был предсказан Д.И. Менделеевым, а в 1875г французский химик Лекок де Буабодран обнаружил его в сфалерите. Арсенид галлия широко используется при производстве лазеров, радиоприборов, телевидения и др. Из галлий-гадолиниевых гранатов изготавливают запоминающие устройства ЭВМ. Источниками промышленного получения галлия являются нефелины, бокситы и руды цинка. Ресурсы галлия в бокситах стран Европы,

десятки тисяч тонн. Виробництво галію, як і ціна на нього, зростає. У 2000р. споживання галію перевищило 200т, ціна за 1кг у США складала 600\$. Вміст галію в бокситах складає в середньому 50-70г/т (кларк галію 18г/т), у нефеліні – 20-40г/т, содаліті – 70-500г/т. Понад 90% світового виробництва галію одержують на глиноземних заводах, де його витягається тільки 1-2%. Рідкіснометально-поліметалеві родовища з мінералами галію і германію відомі тільки в Намібії і Заїрі. Тут галій присутній у виді власного дуже рідкісного мінералу галіта  $CuGaS_2$ , у якому 35,3% галію і деяких інших. В істотних кількостях галіт входить до складу мінералів германію (до 2,2%) і сфалериту (до 0,01%).

*Індії* найбільш широко використовується в електроніці й електротехніці, при виробництві припоїв, підшипникових сплавів. Його застосовують у сонячних батареях, волоконній оптиці, мікроаккумуляторах, у вигляді добавки до особливих змащень. Світові враховані запаси індію, що здобуваються, перевищують 2тис.т. Виробництво індію в 2000р. склало 220т. Ціна на нього на світовому ринку знизилася з 550\$/кг у 1995р. до 150\$/кг у 2000р. Власних родовищ індію немає, і він добувається попутно з мідно-поліметалевих і олов'яних руд при його вмісті від 1-2 до 100г/т і більше у їхніх концентратах. Основні запаси (до 75%) і виробництво індію (до 80%) приходяться на свинцево-цинкові родовища.

*Талій* застосовується головним чином при виробництві ядохімікатів для знищення гризунів і комах. Використовується також в електроніці й оптиці. Його висока токсичність серйозно перешкоджає розширенню сфер застосування. Запаси талію у свинцево-цинкових рудах складають близько 800тис.т, ціни на ме-

ЮАР, Северной Америки и Австралии составляют десятки тысяч тонн. Производство галлия, как и цена на него растут. В 2000г потребление галлия превысило 200т, цена за 1кг в США составляла 600\$. Содержание галлия в бокситах составляет в среднем 50-70г/т (кларк галлия 18г/т), в нефелине – 20-40г/т, содалите – 70-500г/т. Свыше 90% мирового производства галлия получают на глиноземных заводах, где его извлекается только 1-2%. Редкометально-полиметаллические месторождения с минералами галлия и германия известны только в Намибии и Заире. Здесь галлий присутствует в виде собственного очень редкого минерала галита  $CuGaS_2$ , в котором 35,3% галлия и некоторых других. В существенных количествах галит входит в состав минералов германия (до 2,2%) и сфалерита (до 0,01%).

*Индии* наиболее широко используется в электронике и электротехнике, при производстве припоев, подшипниковых сплавов. Его применяют в солнечных батареях, волоконной оптике, микроаккумуляторах, в виде добавки к особым смазкам. Мировые учтенные извлекаемые запасы индия превышают 2тыс.т. Производство индия в 2000г составило 220т. Цена на него на мировом рынке снизилась с 550\$/кг в 1995г до 150\$/кг в 2000г. Собственных месторождений у индия нет, и он добывается попутно из медно-полиметаллических и оловянных руд при его содержании от 1-2 до 100г/т и более в их концентратах. Основные запасы (до 75%) и производство индия (до 80%) приходятся на свинцево-цинковые месторождения.

*Таллий* применяется главным образом при производстве ядохимикатов для уничтожения грызунов и насекомых. Используется также в электронике и оптике. Его высокая токсичность серьезно препятствует расширению сфер применения. Запасы тал-

талевий талій стабільні – 16,5\$/кг. Добувається талій в основному із сульфідних свинцево-цинкових руд, піриту і миш'якових руд. У мінералах цих руд вміст талію складає десятки і перші сотні г/т.

*Кадмій*, відкритий у 1817р. німецьким хіміком Ф. Штроемейером, має на даний час широке застосування. Він утворює сплави з міддю, що мають високу електропровідність; застосовується як напівпровідник, йде на виготовлення металокерамічних контактів, підшипників і т.д.

Достовірні запаси кадмію 1млн.т, виробництво кадмію в 90-і рр. досягло 20000т. Ціна 1кг кадмію складала наприкінці 1996р. 1,5 долара.

Кадмій у природі зрідка зустрічається у виді мінералу гринокіту  $CdS$  (76%) й інших сульфідів, але вони не мають самостійного практичного значення. Велика частина промислових запасів кадмію знаходиться в колчеданно-поліметалевих родовищах, а також олово-сульфідних, золото-сульфідних та ін. У них кадмій укладений у головних мінералах руд: сфалериті (70-82000 г/т), тетраедриті (500-17900), халькопіриті (30-1200), борніті (16-1000). Високі концентрації кадмію, обумовлені наявністю власне кадмієвих мінералів, встановлені в Болівії (Ag-Pb-Cd руди з 11% кадмію) і в Намібії, де на 1т руди приходиться 1200г кадмію.

*Реній* передбачений Д.І.Менделєєвим у 1871р. і відкритий у 1925р. німецькими вченими В. Ноддак та ін. Має високі температури плавлення ( $3180^{\circ}C$ ) і кипіння ( $5000^{\circ}C$ ), тому застосовується при виготовленні термопар, електроконтактів, ниток розжарювання, різних деталей в атомному, ракетно-космічному й авіаційному видах промисловості. Використовується у виді платино-ренієвих каталізаторів при крекінгу нафти і для підви-

лія в свинцево-цинкових рудах становлять около 800тыс.т, ціни на металіческий талій стабільні – 16,5\$/кг. Добувається талій в основному із сульфідних свинцево-цинкових руд, пірита и мышьяковых руд. В мінералах этих руд содержание таліа составляет десятки и первые сотни г/т.

*Кадмій*, відкритий в 1817г німецьким хіміком Ф.Штроемейером, має в настоящее время широке применение. Он образует сплавы с медью, имеющие высокую электропроводность; применяется в качестве полупроводников, идет на изготовление металлокерамических контактов, подшипников и т.д.

Достовірні запаси кадмія 1млн.т, виробництво кадмія в 90-і роки досягло 20000т. Ціна 1кг кадмія складала в кінці 1996г 1,5 долара.

Кадмій в природі зрідка зустрічається у виді мінералу гринокіта  $CdS$  (76%) и других сульфидов, но они не имеют самостоятельного практического значения. Большая часть промышленных запасов кадмія находится в колчедано-поліметаліческих месторождениях, а также олово-сульфідних, золото-сульфідних и других. В них кадмій заключен в главных мінералах руд: сфалерите (70-82000 г/т), тетраедрите (500-17900), халькопирите (30-1200), борните (16-1000). Высокие концентрации кадмія, обусловленные наличием собственно кадмієвых мінералов, установлены в Боливии (Ag-Pb-Cd руди с 11% кадмія) и в Намибии, где на 1т руды приходится 1200г кадмія.

*Реній* предсказан Д.И.Менделеевым в 1871г и открыт в 1925г німецькими учеными В.Ноддак и др. Имеет высокие температуры плавления ( $3180^{\circ}C$ ) и кипения ( $5000^{\circ}C$ ), поэтому применяется при изготовлении термопар, электроконтактів, нитей накаливания, различных деталей в атомной, ракетно-



щення виходу високооктанового бензину з незначним виділенням тетраетилсвинця в навколишнє середовище. Ресурси ренію оцінюються в 12 тис.т, його споживання в США стрімко зростає і склало в 2000р. 40т (у 1994р. 7т). Ціна 1кг металевого порошку ренію в 2000р. складала 1110 доларів. Виробництво ренію ґрунтується на його супровідному витягу з молібденових концентратів комплексних мідно-порфірових руд. Вміст ренію в земній корі не вивчено, є дані А.П.Виноградова, що його кларк складає 0,7мг/т, тобто цей елемент – один з найбільше рідкісних у природі.

*Селен* відкритий шведським хіміком Й.Берцеліусом у 1817р., багато в чому він подібний за своїми властивостями з телуrom і сіркою. На відміну від сірки металевий селен проводить струм, що залежить від висвітлення. Ці та інші властивості селену і його з'єднань обумовили використання їх в електротехніці, електроніці (напівпровідники), ксерокопіюванні, скло- і лакофарбовій галузях промисловості, чорній металургії, акумуляторах, твердих шаруватих змащеннях. Селен у великих дозах – сильна отрута, у малих – використовується в медичних препаратах. Запаси селену на кінець ХХст., за даними Гірничого бюро США, складала 150 тис.т, щорічне виробництво – більше 2 тис.т. Ціна на технічний селен (99,5%) складала 10\$/кг. Селен утворює 80 власних мінералів, але добувають його з мідно-порфірових, колчеданно-поліметалевих, свинцево-цинкових і мідно-нікелевих родовищ. У сульфідах останніх його вмісти складають (г/т): пентландит – 110, халькопирит – 68, піротин – 57. Середні вмісти в молібденіті – 265, халькопириті – 118г/т, з мідно-порфірових родовищ. Ще більше селену у колчеданних

космической и авиационной видах промышленности. Используется в виде платино-рениевых катализаторов при крекинге нефти и для повышения выхода высокооктанового бензина с незначительным выделением тетраэтилсвинца в окружающую среду. Ресурсы рения оцениваются в 12 тыс.т, его потребление в США стремительно растет и составило в 2000г 40т (в 1994г 7т). Цена 1кг металлического порошка рения в 2000г составляла 1110 долларов. Производство рения основано на его попутном извлечении из молибденовых концентратов комплексных медно-порфировых руд. Содержание рения в земной коре не изучено, имеются данные А.П.Виноградова, что его кларк составляет 0,7мг/т, т.е. этот элемент – один из наиболее редких в природе.

*Селен* открыт шведским химиком Й.Берцелиусом в 1817г, во многом он сходен по своим свойствам с теллуrom и серой. В отличие от серы металлический селен проводит ток, что зависит от освещения. Эти и другие свойства селена и его соединений обусловили использование их в электротехнике, электронике (полупроводники), ксерокопировании, стекольно- и лакокрасочной отраслях промышленности, черной металлургии, аккумуляторах, твердых слоистых смазках. Селен в больших дозах – сильный яд, в малых – используется в медицинских препаратах. Запасы селена на конец ХХв по данным Горного бюро США составляли 150 тыс.т, ежегодное производство – более 2 тыс.т. Цена на технический селен (99,5%) составляла 10\$/кг. У селена выявлено 80 собственных минералов, но добывают его из медно-порфировых, колчеданно-полиметаллических, свинцево-цинковых и медно-никелевых месторождений. В сульфиде последних его содержания составляют (г/т): пентландит – 110, халькопирит – 68, пирротин – 57. Средние

родовищах (халькопірит – до 1400, пірит – до 300, сфалерит – до 900г/т). Серед ендеогенних утворень виділяються уран-селенові родовища п'ятиелементної (Bi-Ni-Co-U-Ag) формації Африки (Шинколобве), Європи (Іохімов та ін.), Канади (Біверлодж). Найбагатші на селен (до 19%) руди, представлені уранінітом, різними сульфідами, селенідами і селеносульфідами та іншими мінералами, відомими на родовищі Шинколобве.

Родовище Пакахака (Болівія) крім срібла містить селен, нікель, кобальт і платину. Воно пов'язано з палеоген-неогеновим вулканізмом і представлено гніздами, стовбуватими й інших форм покладами селенідів (тиманіт, клаусталіт та ін.) розміром 1-2м у довжину і 2-25см у ширину.

Селен утворює підвищені концентрації й в екзогенних умовах, наприклад, у рудах уран-ванадієвого складу плато Колорадо. У зруднілих пісковиках його вміст доходить до 1700г/т, а у вапняках, збагачених органікою - до 1350г/т.

*Телур* – малорозповсюджений і слабо вивчений елемент земної кори. Передбачається, що його кларк складає близько 0,001г/т. Добувають телур тільки попутно при переробці мідних, свинцевих і золото-срібно-телурових руд. Світові запаси телуру оцінюються в 55-70тис.т, сумарне його виробництво складає близько 250т. Він використовується як легуюча добавка до чорних металів і міді, застосовується як один з ефективних напівпровідників у приладах інфрачервоного бачення, фототехніці, сонячних батареях, теромоелектричних матеріалах. Більше 2/3 світового виробництва телуру одержують з мідних руд, головним чином з мінералу халькопіриту, що містить 37г/т і більше телуру. Відомі найбільші золото-

содержания в молибдените – 265, халькопірите – 118г/т, из медно-порфировых месторождений. Еще больше селена в колчеданных месторождениях (халькопірит – до 1400, пірит – до 300, сфалерит – до 900г/т). Среди эндогенных образований выделяются уран-селеновые месторождения пятиэлементной (Bi-Ni-Co-U-Ag) формации Африки (Шинколобве), Европы (Іохімов и др.), Канады (Биверлодж). Самые богатые селеном (до 19%) руды, представленные уранинитом, различными сульфидами, селенидами и селено-сульфидами и другими минералами известными на месторождении Шинколобве.

Месторождение Пакахака (Боливия) помимо серебра содержит селен, никель, кобальт и платину. Оно связано с палеоген-неогеновым вулканизмом и представлено гнездами, столбообразными и иной формы залежами селенидов (тиманнит, клаусталит и др.) размером 1-2м в длину и 2-25см в ширину.

Селен образует повышенные концентрации и в экзогенных условиях, например в рудах уран-ванадиевого состава плато Колорадо. В оруденелых песчаниках его содержание доходит до 1700г/т, а в известняках, обогащенных органикой до 1350г/т.

*Теллур* – малораспространенный и слабо изученный элемент земной коры. Предполагается, что его кларк составляет около 0,001г/т. Извлекают теллур только попутно при переработке медных, свинцовых и золото-серебро-теллурических руд. Мировые запасы теллура оцениваются в 55-70тыс.т, суммарное его производство составляет около 250т. Он используется как легирующая добавка к черным металлам и меди, применяется как один из эффективных полупроводников, в приборах инфракрасного видения, фототехнике, солнечных батареях, теромоэлектрических материалах. Более 2/3 мирового производства теллура получают

телуридні родовища: Калгурлі (Австралія), Крипл-Крик, Голдфілд (США). Вони відносяться до палеовулканічних кальдер і характеризуються складним мінеральним складом руд, що сформувалися в близповерхневих умовах. Серед телуридів у них присутні калаверит, сильваніт, алтаїт, телуро-вісмутин та інші. Слід зазначити часте знаходження телуридів у недавно виявлених золоторудних родовищах Українського щита.

#### 3.6.4 Тугоплавкі метали

*Тугоплавкі метали* представлені цирконієм і гафнієм (температури плавлення  $1825^{\circ}\text{C}$  і  $2222^{\circ}\text{C}$ ), танталом і ніобієм ( $3000^{\circ}\text{C}$  і  $2415^{\circ}\text{C}$ ), а також скандієм. Цирконій у 35 разів більше розповсюджений у земній корі, ніж гафній. Обидва елементи мають близькі хімічні властивості, що зумовлюється їх однаковими розмірами іонів і повною подібністю електронної структури. Цирконій має широке застосування в промисловості. Його використовують як основний конструкційний метал в атомних реакторах, при будівництві ракет і космічних кораблів, в авіабудівництві. Із сплаву цирконію з неодимом виготовляють надпровідні магніти. У хімічному машинобудівництві цирконій використовують як короїзно-стійкий матеріал. Із сталі із вмістом 0,1% цирконію готують броньові листи. Новою сферою застосування є цирконієва кераміка – джерело електроенергії в ХХІст. Його промислові мінерали – циркон ( $\text{ZrSiO}_4$ ) і бадделейт ( $\text{ZrO}_2$ ) усе ширше застосовуються для виготовлення вогнетривів, скла і кераміки, у ливарній справі

із медних руд, головним образом із мінерала халькопирита, що містить 37г/т і більше теллура. Відомі найбільші золото-теллуридні родовища: Калгурлі (Австралія), Крипл-Крик, Голдфілд (США). Вони приурочені до палеовулканічних кальдер і характеризуються складним мінеральним складом руд, сформованих в близповерхневих умовах. Серед телуридів у них присутні калаверит, сильваніт, алтаїт, телуро-вісмутин і інші. Слід відзначити часте знаходження телуридів у недавно виявлених золоторудних родовищах Українського щита.

#### 3.6.4 Тугоплавкі метали

*Тугоплавкі метали* представлені цирконом і гафнієм (температури плавлення  $1825^{\circ}\text{C}$  і  $2222^{\circ}\text{C}$ ), танталом і ніобієм ( $3000^{\circ}\text{C}$  і  $2415^{\circ}\text{C}$ ), а також скандієм. Цирконій у 35 разів більше розповсюджений у земній корі, ніж гафній. Обидва елементи мають близькі хімічні властивості, що об'яснюється їх однаковими розмірами іонів і повною подібністю електронної структури. Цирконій має широке застосування в промисловості. Його використовують як основний конструкційний метал в атомних реакторах, при будівництві ракет і космічних кораблів, в авіабудівництві. Із сплаву цирконію з неодимом виготовляють надпровідні магніти. У хімічному машинобудівництві цирконій використовують як короїзно-стійкий матеріал. Із сталі із вмістом 0,1% цирконію готують броньові листи. Новою сферою застосування є цирконієва кераміка – джерело електроенергії в ХХІв. Його промислові мінерали – циркон ( $\text{ZrSiO}_4$ ) і бадделейт ( $\text{ZrO}_2$ ) усе ширше застосовуються для виготовлення вогнетривів, скла і кераміки, у ливарній справі

та інших галузях виробництва. Гафній є поглиначем нейтронів і застосовується для захисту від радіації, у контрольній апаратурі на АЕС. Сплав 2% Hf і 8% Ta використовують для виготовлення камер згоряння в реактивних двигунах, а карбід гафнію, що має температуру плавлення 3400°C, застосовують для покриття космічних кораблів.

Світові запаси ZrO<sub>2</sub> (без країн СНД) оцінюються в 55млн.т, з них Австралії 26млн.т і ПАР 15млн.т у розсипах. Запаси HfO<sub>2</sub> – 1млн.т. Виробництво цирконових концентратів у 1999р. склало 940тис.т (360тис.т в Австралії і 305тис.т у ПАР, інше – у США, Україні, Індії і В'єтнамі).

На руднику Палабора добувають бадделіт і одержують близько 12тис.т концентрату із вмістом ZrO<sub>2</sub> 96-99%. Ціни на керамічний бадделіт у 1999р. склали 2800\$/т, 1т цирконового концентрату у 2000р. коштувала від 450 до 650 доларів залежно від виробника.

Циркон добувається з розсипових родовищ, хоча все більше починають залучатися і корінні його родовища. Усі ці ендегенні родовища циркону пов'язані з лужними породами докембрійського віку чи щитів серединних масивів. У Східному Приазов'ї таким є велике Мазуровське, а також Азовське комплексне родовище.

*Мазуровське родовище* відноситься до північно-східної екзоконтактової зони Маріупольського (Октябрського) масиву лужних нефелінових порід. Тут у 30-60-і роки здійснювався кар'єрний видобуток цирконієвих руд з наступним вилученням металевого цирконію високої чистоти і його продуктів. У нефелінових сієнітах із цирконом (маріуполітах) і мікроклінонефелінових пегматитах, вік яких складає 1,75млрд.років, розвідано 16 по-

гих отраслях производства. Гафний является поглотителем нейтронов и применяется для защиты от радиации, в контрольной аппаратуре на АЭС. Сплав 2% Hf и 8% Ta используют для изготовления камер сгорания в реактивных двигателях, а карбид гафния, имеющий температуру плавления 3400°C применяют для покрытия космических кораблей.

Мировые запасы ZrO<sub>2</sub> (без стран СНГ) оцениваются в 55млн.т, из них Австралии 26млн.т и ЮАР 15млн.т в россыпях. Запасы HfO<sub>2</sub> – 1млн.т. Производство цирконовых концентратов в 1999г составило 940тыс.т (360тыс.т в Австралии и 305тыс.т в ЮАР, остальное – в США, Украине, Индии и Вьетнаме).

На руднике Палабора добывают бадделит и получают около 12тыс.т концентрата с содержанием ZrO<sub>2</sub> 96-99%. Цены на керамический бадделит в 1999г составляли 2800\$/т, 1т цирконового концентрата в 2000г стоил от 450 до 650 долларов в зависимости от производителя.

Циркон добывается из россыпных месторождений, хотя все большее внимание начинают привлекать и коренные его месторождения. Все эти эндогенные месторождения циркона связаны со щелочными породами докембрійского возраста щитов или срединных массивов. В Восточном Приазовье таким является крупное Мазуровское, а также Азовское комплексное месторождение, описанное выше.

*Мазуровское месторождение* приурочено к северо-восточной экзоконтактовой зоне Маріупольського (Октябрського) массива щелочных нефелиновых пород. Здесь в 30-60° годы производилась карьерная добыча цирконієвих руд с последующим получением металлического циркония высокой чистоты и его продуктов. В нефелиновых сієнітах с цирконом (маріуполітах) и

логозалагаючих, плитоподібних і лінзоподібних тіл, а також жильних покладів. Довжина окремих рудних тіл доходить до 1000м, ширина від 220 до 720м, середня потужність 14м. Вміст  $ZrO_2$  складає від 0,15 до 2,1% (середнє 0,5%). У рудах установлені промислові вмісти ніобію (до 0,15%) і танталу (до 0,03%). Цирконієві руди містять також рідкісні землі переважно ітрієвого складу (більше 50% TR). Після відкриття і початку експлуатації титан-цирконових розсипів у Наддніпрянщині розробка корінних руд Мазуровського родовища була припинена.

За даними Н.А.Шило, в кінці ХХст. з розсипових родовищ добувалося більше 95% цирконію. Головне промислове значення мають сучасні і древні прибережно-морські розсипи. Найбільше відомі серед сучасних інтенсивно розроблювальні ільменіт-цирконові розсипи східного узбережжя Австралії, що відрізняються від більшості інших розсипів перевагою циркону над ільменітом чи однаковими їхніми кількостями. Як правило розсипи просліджуються на десятки і навіть сотні кілометрів з перервами. Їхня ширина складає десятки метрів, а потужність продуктивних пісків - 0,5-1,5м. Крім Австралії сучасні розсипи океанічних пляжів розвинуті в Індії, Шрі-Ланці, Новій Зеландії, Бразилії, багатьох країнах Африки та ін. Вміст циркону в розсипах складає від 10-60 (ЮАР) до 100-400кг/т (Мавританія). Рентабельними є родовища з запасами продуктивних пісків 20-30млн.м<sup>3</sup> при вмісті 50-60кг на м<sup>3</sup> мінералів титану і циркону.

Древні прибережно-морські розсипи відрізняються більше значною потужністю продуктивних відкладень, що доходить до 10м і більше. Прикладом таких розсипів є Правобережне (Самотканське)

микроклин-нефелинових пегматитах, возраст которых составляет 1,75млрд.лет, разведано 16 пологозалагающих, плитообразных и линзовидных тел, а также жильных залежей. Длина отдельных рудных тел доходит до 1000м, ширина от 220 до 720м, средняя мощность 14м. Содержание  $ZrO_2$  составляет от 0,15 до 2,1% (среднее 0,5%). В рудах установлены промышленные содержания ниобия (до 0,15%) и тантала (до 0,03%). Циркониевые руды содержат также редкие земли преимущественно иттриевого состава (более 50% TR). После открытия и начала эксплуатации титан-цирконовых россыпей в Приднепровье разработка коренных руд Мазуровского месторождения была прекращена.

По данным Н.А.Шило к концу ХХ столетия из россыпных месторождений добывалось более 95% циркония. Главное промышленное значение имеют современные и древние прибрежно-морские россыпи. Наиболее известны среди современных интенсивно разрабатываемые ильменит-цирконовые россыпи восточного побережья Австралии, которые отличаются от большинства других россыпей преобладанием циркона над ильменитом или одинаковыми их количествами. Обычно россыпи прослеживаются на десятки и даже сотни километров с перерывами. Их ширина составляет десятки метров, а мощность продуктивных песков - 0,5-1,5м. Помимо Австралии современные россыпи океанических пляжей развиты в Индии, Шри-Ланке, Новой Зеландии, Бразилии, многих странах Африки и др. Содержания циркона в россыпях составляет от 10-60 (ЮАР) до 100-400кг/т (Мавританія). Рентабельными являются месторождения с запасами продуктивных песков 20-30млн.м<sup>3</sup> при содержании 50-60кг на м<sup>3</sup> минералов титана и циркона.

Древние прибрежно-морские россыпи

родовище титан-цирконієвих пісків у Середній Наддніпрянщині України. Тут серед пісків полтавського і сарматського ярусів розвинутий ільменіт (48,5-44%), рутил (13-16%) і циркон (7,7%-13,2%).

Алювіальні розсипи, що утворюються за течією рік, містять циркон, монацит та інші мінерали. Їхні запаси в розсипах змінюються в широких межах, переважають дрібні родовища в порівнянні з прибережно-морськими. Прикладами алювіальних розсипів є родовища Малайзії, Індії, України та інших країн.

*Тантал і ніобій* відкриті в 1801 і 1802рр. хіміками А. Екебергом (Швеція) і Ч. Гетчеттом (Англія). Вони легко піддаються механічній обробці, поглинаючи газ, стають крихкими. Обидва метали хімічно і фізично стійкі, навіть царська водка при нагріванні не діє на тантал. Цей метал є конкурентом платини, він незамінний при виготовленні хімічного посуду, а також у хірургії при проведенні відновлюючих операцій. Застосовується в ракетно-хімічній та іншій галузях промисловості як найважливіший стратегічний метал. Додаток ніобію до сталі (1-5%) робить її винятково стійкою і жароміцною. Карбід ніобію має величезну твердість і використовується при виготовленні надтвердих сплавів для різців. Ніобій усе ширше використовується при виготовленні труб для нафто- і газопроводів. Світове споживання танталу і ніобію в 1999р. доходило до 1800 і 27000т відповідно. Ціна за 1кг металевого танталу складала 350 доларів, а ніобію 70-80\$/кг. Запаси  $Ta_2O_5$  у світі оцінюються в 200тис.т, а  $Nb_2O_5$  – 16млн.т. Вміст танталу в земній корі на порядок менше, ніж ніобію (0,00015 і 0,0122%), тому ендегенні родовища танталу з запасами більше 100тис. т. відносяться до великих,

отличаются более значительной мощностью продуктивных отложений, достигающей до 10м и более. Примером таких россыпей является Правобережное (Самотканское) месторождение титан-циркониевых песков в Среднем Приднепровье Украины. Здесь среди песков полтавского и сарматского ярусов развиты ильменит(48,5-44%), рутил (13-16%) и циркон (7,7%-13,2%).

Аллювиальные россыпи, образующиеся по течению рек, содержат циркон, монацит и другие минералы. Их запасы в россыпях изменяются в широких пределах, преобладают мелкие месторождения по сравнению с прибрежно-морскими. Примерами аллювиальных россыпей являются месторождения Малайзии, Индии, Украины и других стран.

*Тантал и ниобий* открыты в 1801 и 1802гг химиками А.Экебергом (Швеция) и Ч.Гетчеттом (Англия). Они легко поддаются механической обработке, поглощая газы становятся хрупкими. Оба металла химически и физически стойкие, даже царская водка при нагревании не действует на тантал. Этот металл является конкурентом платины, он незаменим при изготовлении химической посуды, а также в хирургии при проведении восстановительных операций. Применяется в ракетно-химической и других отраслях промышленности, являясь важнейшим стратегическим металлом. Добавка ниобия к стали (1-5%) делает её исключительно стойкой и жаропрочной. Карбид ниобия обладает огромной твердостью и используется при изготовлении сверхтвердых сплавов для резцов. Ниобий все шире используется при изготовлении труб для нефте- и газопроводов. Мировое потребление тантала и ниобия в 1999г доходило до 1800 и 27000т соответственно. Цена за 1кг в 2004г металлического тантала составляла 350 долларов, а ниобия 70-80\$/кг. Запасы  $Ta_2O_5$  в мире оцениваются в

для ніобію запаси таких родовищ повинні складати 1млн.т і вище.

Головними промисловими мінералами танталу є танталіт  $\text{FeTa}_2\text{O}_6$ , мікроліт  $(\text{NaCa})_2\text{Ta}_2\text{O}_6$  і воджиніт  $\text{MnSnTa}_2\text{O}_8$ . Для ніобію практичне значення мають пірохлор  $(\text{NaCa})_2(\text{Nb, Ta, Ti})_2\text{O}_6$ , колумбіт  $(\text{Fe, Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$  і лопарит  $\text{NaCe}(\text{Ti, Nb})_2\text{O}_6$ .

Велика частина світових запасів танталу (70%) і ніобію (90%) припадає на карбонатитові, рідкометальні пегматитові і магматогенні, пов'язані з лужними породами. Ендогенні родовища танталу і ніобію містять, відповідно, не менше 0,012 і 0,1% (бідні руди). У багатих рудах кількість танталу складає більше 0,018 і ніобію понад 0,3%.

*Карбонатити* лужно-ультраосновних масивів, яких виявлено на земній кулі близько 350, є найбільш великими і багатими родовищами ніобію, іноді з танталом, цирконієм і гафнієм. Вміст  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  у цих родовищах складає 0,3-0,8% і більше, а запаси – багато мільйонів тонн. До них відносяться родовища Росії (Ковдор на Кольському півострові, Біла Зима в Сибіру), Бразилії (Араша), Канаді (Сан-Оноре та ін.). Ці родовища часто мають вертикальну колоноподібну форму до глибини 10км і більше. Утворення таких масивів лужно-ультраосновного складу з карбонатитами, за новими даними, порозумівається нагромадженням плавнів-мінералізаторів (лужних металів, галоїдів та ін.) в апікальній частині глибинного магматичного осередка, проплавленням під їхньою дією вищезалюгаючих кристалічних порід і просуванням магми нагору. Різде вивільнення від плавнів-мінералізаторів магми у верхніх поверхах земної кори поблизу поверхні внаслідок різкого падіння тиску призводить до ліквідації і кристалізації магматичного роз-

200тыс т, а  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  – 16млн.т. Содержание тантала в земной коре на порядок меньше, чем ниобия (0,00015 и 0,0122%) поэтому эндогенные месторождения тантала с запасами более 100тыс. т. относятся к крупным, для ниобия запасы таких месторождений должны составлять 1млн.т и выше.

Главными промышленными минералами тантала являются танталит  $\text{FeTa}_2\text{O}_6$ , микролит  $(\text{NaCa})_2\text{Ta}_2\text{O}_6$  и воджинит  $\text{MnSnTa}_2\text{O}_8$ . Для ниобия практическое значение имеют пироксид  $(\text{NaCa})_2(\text{Nb, Ta, Ti})_2\text{O}_6$ , колумбит  $(\text{Fe, Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$  и лопарит  $\text{NaCe}(\text{Ti, Nb})_2\text{O}_6$ .

Большая часть мировых запасов тантала (70%) и ниобия (90%) приходится на карбонатитовые, редкометальные пегматитовые и магматогенные, связанные со щелочными породами. Эндогенные месторождения тантала и ниобия содержат, соответственно, не менее 0,012 и 0,1% (бедные руды). В богатых рудах количество тантала составляет более 0,018 и ниобия свыше 0,3%.

*Карбонатиты* щелочно-ультраосновных массивов, которых выявлено на земном шаре около 350, являются самыми крупными и богатыми месторождениями ниобия, иногда с танталом, цирконием и гафнием. Содержание  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  в этих месторождениях составляет 0,3-0,8% и более, а запасы – многие миллионы тонн. К ним относятся месторождения России (Ковдор на Кольском полуострове, Белая Зима в Сибири), Бразилии (Араша), Канады (Сан-Онорэ и др.). Эти месторождения часто имеют вертикальную колонообразную форму до глубины 10км и более. Образование таких массивов щелочно-ультраосновного состава с карбонатитами объясняется по новым данным накоплением плавней-минералізаторов (щелочных металлов, галоидов и др.) в апікальній частині глибинного магматического очага, проплавленням под их действием вышележащих кристаллических по-

плаву й утворення карбонатитів.

*Рідкометальні гранітні пегматити* дуже поширені на всіх континентах. Вивчено і розвідано більше 1000 їхніх родовищ, серед яких виділяються Бернік-Лейк (Канада), Коктогай (КНР), Эта (США), Дарає-Піч (Афганістан) та ін. Ці пегматити майже цілком забезпечують танталом світову рідкіснометальну промисловість. При цьому видобуток танталу здійснюється не тільки з корінних родовищ (Канада, Австралія, Казахстан та ін.), але і з їхніх кор вивітрювання і пов'язаних з ними перевідкладених розсіпів. Рудні тіла пегматитів протягаються на десятки і сотні метрів при довжині самих пегматитів до 1-3км. Вміст танталу в них складає від 0,006 до 0,03%, максимальна кількість запасів в окремих найбільше великих пегматитових родовищах не перевищують 3-5тис.т  $Ta_2O_5$ .

*Магматогенні родовища* лужно-земельного ряду відносяться до куполів гранітних масивів чи їх пологим ендоконтактам. Площа родовищ досягає  $2\text{км}^2$ , промислове зруденіння просліджується на глибину до 100-150м. Рудні мінерали представлені мікролітом, танталітом, колумбітом та ін. Співвідношення  $Ta_2O_5:Nb_2O_5$  коливається від 1,5 до 0,2. Рідкіснометальні граніти (Єтикинське, Орловське та ін. родовища) мають запаси танталу до 10-15тис.т.

*Родовища в нефелін-калішпатових масивах* розташовані на древніх платформах і їхніх щитах: Балтійському (Хібіни, Ловозеро), Українському (Маріупольський або Октябрський масив та ін.), Гренландії (Ілімаусак), Бразилії, ПАР, Якутії та ін. Усі нефелін-калішпатові масиви мають округлу в плані форму з падінням бортів до центру масиву. Розміри масивів від 120 до  $1300\text{км}^2$  (Хібіни). Масиви харак-

род и продвижением магмы вверх. Резкое высвобождение от плавней-минерализаторов магмы в верхних этажах земной коры вблизи поверхности в результате резкого падения давления приводит к ликвации и кристаллизации магматического расплава и образованию карбонатитов.

*Редкометальные гранитные пегматиты* широко распространены на всех континентах. Изучено и разведано более 1000 их месторождений, среди которых выделяются Берник-Лейк (Канада), Коктогай (КНР), Эта (США), Дарає-Піч (Афганистан) и др. Эти пегматиты почти целиком обеспечивают танталом мировую редкометальную промышленность. При этом добыча тантала производится не только из коренных месторождений (Канада, Австралия, Казахстан и др.), но и из их кор выветривания и связанных с ними переотложенных россыпей. Рудные тела пегматитов протягиваются на десятки и сотни метров при протяженности самих пегматитов до 1-3км. Содержание тантала в них составляет от 0,006 до 0,03%, максимальное количество запасов в отдельных наиболее крупных пегматитовых месторождениях не превышают 3-5тыс.т  $Ta_2O_5$ .

*Магматогенные месторождения* щелочно-земельного ряда приурочены к куполам гранитных массивов или их пологим эндоконтактам. Площадь месторождений достигает  $2\text{км}^2$ , промышленное оруденение прослеживается на глубину до 100-150м. Рудные минералы представлены микролитом, танталитом, колумбитом и другими. Соотношение  $Ta_2O_5:Nb_2O_5$  колеблется от 1,5 до 0,2. Редкометальные граниты (Этыкинское, Орловское и др. месторождения) имеют запасы тантала до 10-15тыс.т.

*Месторождения в нефелин-калішпатових масивах* расположены на древних платформах и их щитах: Балтийском (Хібіни, Ловозеро), Украинском (Маріуполь-



теризуються зональністю концентричного характеру, обумовленою зміною лейкократових лужних порід меланократовими і ця зональність є результатом різних процесів магматичної диференціації з явищами не тільки ліквідації, але й автотасоматозу і збірної перекристалізації. Мінеральний склад масивів дуже різноманітний, крім породотворювальних калі-натрових польових шпатів і нефеліну, зустрічаються канкриніт, содаліт, лейцит, егірін, рогова обманка і т.д. Апатит-нефелінові руди цих масивів утворюють великі родовища церієвих лантанодів, стронцію (в апатиті), рубідію і галію (у нефеліні). До таких масивів відносяться великі комплексні родовища танталу, ніобію, рідкісних земель й інших металів. Одним із найбільших таких родовищ у світі є Ловозерський масив, де евідіалітові руди складають верхню частину масиву потужністю більше 200м. Тут вміст  $Ta_2O_5$  досягає 0,024, а  $Nb_2O_5$  до 0,3%. Дуже розповсюдженим рідкісним металом у нефелін-калішпатових масивах є цирконій, вміст якого в середньому складає в масиві 0,35%, доходячи місцями до 1% і більше.

*Томторський масив* у Якутії площею  $300\text{км}^2$  виділяється багатством своїх руд, де вміст  $Nb_2O_5$  на окремих великих ділянках складає 7,7%, рідкісних земель – 17% і  $Sc_2O_3$  – 0,062%. Такі ділянки належать до кори вивітрювання карбонатитів Томторського нефелін-калішпатового масиву. Ці кори вивітрювання були після їхнього утворення збагачені рідкісними металами внаслідок накладених гідротермальних процесів.

*Скандій* був відкритий у 1879р. Л.Ф. Нільсоном. Він має багато унікальних властивостей, у тому числі низьку щільність (як в алюмінія), високу темпе-

ратурний або Октябрський масив і др.), Гренландії (Илимаусак), Бразилії, ЮАР, Якутії і др. Все нефелін-калішпатові масиви мають округлу в плані форму з падінням бортов к центру масива. Розміри масивів від 120 до  $1300\text{км}^2$  (Хибины). Масиви характеризуються зональністю концентричного характеру, обумовленою зміною лейкократових меланократовими щелочними породами і ця зональність являється результатом різних процесів магматичної диференціації з явищами не тільки ліквідації, але й автотасоматозу і собирательної перекристалізації. Мінеральний склад масивів дуже різноманітний, крім породотворювальних калі-натрових польових шпатів і нефеліна, зустрічаються канкриніт, содаліт, лейцит, егірін, рогова обманка і т.д. Апатит-нефелінові руди цих масивів утворюють великі родовища церієвих лантанодів, стронцію (в апатиті), рубідію і галію (у нефеліні). До таких масивів відносяться великі комплексні родовища танталу, ніобію, рідкісних земель й інших металів. Одним із найбільших таких родовищ у світі є Ловозерський масив, де евідіалітові руди складають верхню частину масиву потужністю більше 200м. Тут вміст  $Ta_2O_5$  досягає 0,024, а  $Nb_2O_5$  до 0,3%. Дуже розповсюдженим рідкісним металом у нефелін-калішпатових масивах є цирконій, вміст якого в середньому складає в масиві 0,35%, доходячи місцями до 1% і більше.

*Томторський масив* в Якутії площею  $300\text{км}^2$  виділяється багатством своїх руд, де вміст  $Nb_2O_5$  на окремих великих ділянках складає 7,7%, рідкісних земель – 17% і  $Sc_2O_3$  – 0,062%. Такі ділянки належать до кори вивітрювання карбонатитів Томторського нефелін-калішпатового масиву. Ці кори вивітрювання були після їхнього утворення збагачені рідкісними металами внаслідок накладених гідротермальних процесів.

ратуру плавлення ( $1539^{\circ}\text{C}$ ), здатність утворювати сплави з різними металами та ін. Застосовується скандій при виготовленні напівпровідників, каталізаторів, високотемпературної кераміки, германій-талій-гадоліній-скандієвих гранатів в ЕОМ і лазерах, добавка карбїду скандію підвищує твердість карбїду танталу до алмазної. Великі перспективи використання скандію як конструкційного матеріалу в летальних апаратах, легких спортивних велосипедах і т.д.

Запаси скандію перевищують 1млн.т, споживання складає до 10т. Ціна на світовому ринку досягала 250 доларів за грам, останнім часом вона різко впала до декількох доларів за 1г.

Основна форма перебування скандію в природі – розсіювання в породоутворюючих мінералах заліза і магнію. Добувають скандій попутно при переробці уранових і титанових руд, а також вольфрамїту, танталїту-колумбіту та ін. мінералів. Останнім часом виявлено кілька типів власне скандієвих родовищ, серед яких виділяються скандієносні метасоматити. Їхні родовища виявлені серед ураноносних залізорудних товщ Криворізького басейну. До власне родовищ скандію відносяться і гранітні пегматити з мінералом тортвейтитом  $(\text{Sc}, \text{Y})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$ , що належить до діортосилікатів (тип островних силікатів).

вого масива. Эти коры выветривания были после их образования обогащены редкими металлами в результате наложенных гидротермальных процессов.

*Скандий* был открыт в 1879г Л.Ф.Нильсоном. Он обладает многими уникальными свойствами, в том числе низкой плотностью (как у алюминия), высокой температурой плавления ( $1539^{\circ}\text{C}$ ), способностью образовывать сплавы с различными металлами и др. Применяется скандий при изготовлении полупроводников, катализаторов, високотемпературной керамики, германий-таллий-гадолиний-скандиевых гранатов в ЭВМ и лазерах, добавка карбида скандия повышает твердость карбида тантала до алмазной. Велики перспективы использования скандия в качестве конструкционного материала в летательных аппаратах, легких спортивных велосипедах и т.д.

Запасы скандия превышают 1млн.т, потребление составляет пока до 10т. цена на мировом рынке достигала 250 долларов за грамм, в последнее время цена резко упала до нескольких долларов за 1г.

Основная форма нахождения скандия в природе – рассеяние в породообразующих минералах железа и магния. Добывают скандий попутно при переработке урановых и титановых руд, а также вольфрамита, танталита-колумбита и др. минералов. За последнее время выявлено несколько типов собственно скандиевых месторождений, среди которых выделяются скандиеносные метасоматиты. Их месторождения выявлены среди ураноносных железорудных толщ Криворожского бассейна. К числу собственных месторождений скандия относятся и гранитные пегматиты с минералом тортвейтитом  $(\text{Sc}, \text{Y})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$ , который принадлежит к диортосиликатам (тип островных силикатов).

*Контрольні питання до глави III*

1. Класифікація металевих корисних копалин.
2. Головні промислові мінерали заліза. Його роль у промисловості.
3. Генетичні типи промислових родовищ заліза.
4. Коротка характеристика магматичних (Качканарське) і скарнових родовищ (Магнітогорська і Кустанайська групи).
5. Керченське і Лисаковське родовища заліза.
6. Залізорудні родовища Кривого Рогу та інших регіонів Українського щита.
7. Найважливіші промислові мінерали марганцю і його промислове використання.
8. Залишкові родовища марганцю.
9. Осадкові родовища марганцю. Нікопольське родовище.
10. Залізомарганцеві конкреції на дні океанів.
11. Генетичні типи промислових родовищ хрому.
12. Характеристика Бушвельдського і Кемпирсайського родовищ хрому.
13. Головні промислові мінерали титану. Застосування і властивості титану.
14. Магматичні родовища титану (Лак-Тіо, Стремигородське).
15. Екзогенні родовища на прикладі Правобережного та Іршинського родовищ України.
16. Головні промислові мінерали міді, типи її руд, їхня комплексність і використання.
17. Генетичні типи промислових родовищ міді. Приклади.
18. Характеристика Коунрадського і Джекказганського родовищ.
19. Родовища Чукикамата і самородної міді України на Волині.

*Контрольные вопросы к главе III*

1. Классификация металлических полезных ископаемых.
2. Главные промышленные минералы железа. Его роль в промышленности.
3. Генетические типы промышленных месторождений железа.
4. Краткая характеристика магматических (Качканарское) и скарновых месторождений (Магнитогорская и Кустанайская группы).
5. Керченское и Лисаковское месторождения железа.
6. Железорудные месторождения Кривого Рога и других регионов Украинского щита.
7. Важнейшие промышленные минералы марганца и его промышленное использование.
8. Остаточные месторождения марганца.
9. Осадочные месторождения марганца. Никопольское месторождение.
10. Железомарганцевые конкреции на дне океанов.
11. Генетические типы промышленных месторождений хрома.
12. Характеристика Бушвельдского и Кемпирсайского месторождений хрома.
13. Главные промышленные минералы титана. Применение и свойства титана.
14. Магматические месторождения титана (Лак-Тіо, Стремигородское).
15. Экзогенные месторождения на примере Правобережного и Иршинского месторождений Украины.
16. Главные промышленные минералы меди, типы её руд, их комплексность и использование.
17. Генетические типы промышленных месторождений меди. Примеры.
18. Характеристика Коунрадского и Джекказганского месторождений.
19. Месторождения Чукикамата и самородной меди Украины на Волини.

20. Промислові мінерали свинцю і цинку, типи руд і їхня класифікація по запасах.

21. Провідні країни за запасами і видобутком свинцю і цинку.

22. Генетичні типи промислових родовищ свинцю та цинку. Приклади.

23. Характеристика родовищ Жайрем, Миргалімсай, Брокен-Хілл, Сулліван.

24. Боксити і їхні мінерали. Провідні країни світу за запасами бокситів.

25. Генетичні типи промислових родовищ бокситів. Приклади.

26. Характеристика родовищ Боке і Північного Уралу.

27. Небокситова алюмінієва сировина, її руди.

28. Промислові мінерали магнею і генетичні типи його родовищ.

29. Родовища бішофіту України і Росії.

30. Мінерали нікелю і кобальту. Використання Ni і Co у промисловості.

31. Генетичні типи промислових родовищ нікелю і кобальту.

32. Характеристика родовищ Садбері і Жовтневого.

33. Силікатні руди нікелю і кобальту Нової Каледонії, Росії й України.

34. Промислове застосування вольфраму і його головні мінерали.

35. Генетичні типи промислових родовищ вольфраму. Приклади.

36. Характеристика скарнових, грейзенових і гідротермальних родовищ (Інгічке, Сихуашань, Циннавальд, Джидинське).

37. Мінерали молибдену і його застосування.

38. Генетичні типи промислових родовищ молибдену.

39. Характеристика родовищ Тирни-

20. Промышленные минералы свинца и цинка, типы руд и их классификация по запасам.

21. Ведущие страны по запасам и добыче свинца и цинка.

22. Генетические типы промышленных месторождений свинца и цинка. Примеры.

23. Характеристика месторождений Жайрем, Миргалімсай, Брокен-Хилл, Сулліван.

24. Бокситы и их минералы. Ведущие страны мира по запасам бокситов.

25. Генетические типы промышленных месторождений бокситов. Примеры.

26. Характеристика месторождений Боке и Северного Урала.

27. Небокситовое алюминиевое сырье, его руды.

28. Промышленные минералы магния и генетические типы его месторождений.

29. Месторождения бишофита Украины и России.

30. Минералы никеля и кобальта. Использование Ni и Co в промышленности.

31. Генетические типы промышленных месторождений никеля и кобальта.

32. Характеристика месторождений Садбері и Октябрьского.

33. Силикатные руды никеля и кобальта Новой Каледонии, России и Украины.

34. Промышленное применение вольфрама и его главные минералы.

35. Генетические типы промышленных месторождений вольфрама. Примеры.

36. Характеристика скарновых, грейзеновых и гидротермальных месторождений (Інгічке, Сихуашань, Циннавальд, Джидинское).

37. Минералы молибдена и его применение.

38. Генетические типы промышленных месторождений молибдена.

39. Характеристика месторождений

ауз, Клаймакс.

40. Генетичні типи промислових родовищ олова.

41. Характеристика оловорудної провінції південно-сходу Азії.

42. Розсіпові родовища олова.

43. Промислові мінерали сурми і ртуті.

44. Головні промислові родовища сурми і ртуті.

45. Характеристика родовищ ртуті (Альмаден, Нікітовка) і сурми (Сигуаньшань, Кадамджай).

46. Мінерали золота, його застосування.

47. Генетичні типи промислових родовищ золота. Приклади.

48. Характеристика родовища Мурунтау і золоторудних родовищ України.

49. Розсіпові родовища золота (алювіальних і прибережно-морські).

50. Характеристика родовища Вітватерсранд.

51. Мінерали срібла і його промислове застосування.

52. Найважливіші типи гідротермальних родовищ срібла. Приклади.

53. Основні властивості і використання платини і платиноїдів.

54. Характеристика родовища рифу Меренського та інших.

55. Мінерали урану і їхні геохімічні особливості.

56. Типи промислових родовищ урану. Приклади.

57. Характеристика родовищ України, Олімпік-Дам в Австралії і метаморфізованих конгломератів (Єлліот-Лейк та ін.).

58. Легкі рідкісні елементи і їхнє практичне значення.

59. Характеристика родовищ Бернік-Лейк і Перга в Україні.

Тырныауз, Клаймакс.

40. Генетические типы промышленных месторождений олова.

41. Характеристика оловорудной провинции юго-востока Азии.

42. Россыпные месторождения олова.

43. Промышленные минералы сурьмы и ртути.

44. Главные промышленные месторождения сурьмы и ртути.

45. Характеристика месторождений ртути (Альмаден, Никитовка) и сурьмы (Сигуаньшань, Кадамджай).

46. Минералы золота, его применение.

47. Генетические типы промышленных месторождений золота. Примеры.

48. Характеристика месторождения Мурунтау и золоторудных месторождений Украины.

49. Россыпные месторождения золота (аллювиальные и прибрежно-морские).

50. Характеристика месторождения Витватерсранд.

51. Минералы серебра и его промышленное применение.

52. Важнейшие типы гидротермальных месторождений серебра. Примеры.

53. Основные свойства и использование платины и платиноидов.

54. Характеристика месторождения риф Меренского и других.

55. Минералы урана и геохимические их особенности.

56. Типы промышленных месторождений урана. Примеры.

57. Характеристика месторождений Украины, Олимпик-Дам в Австралии и метаморфизованных конгломератов (Элліот-Лейк и др.).

58. Легкие редкие элементы и их практическое значение.

59. Характеристика месторождений Берник-Лейк и Перга в Украине.

60. Рідкісноземельні елементи і їхнє сучасне значення. Мінерали рідкісних земель.

61. Генетичні типи промислових родовищ рідкісних земель.

62. Характеристика родовища Байюнь - Обо.

63. Розсіяні метали і їхнє застосування.

64. Родовища германію і галію.

65. Мінерали тугоплавких металів, їхнє промислове застосування.

66. Мазуровське й Азовське родовища.

67. Магматичні, карбонатитові і пегматитові родовища танталу, ніобію та інших рідкісних металів.

68. Руди скандію в Україні.

60. Редкоземельные элементы и их современное значение. Минералы редких земель.

61. Генетические типы промышленных месторождений редких земель.

62. Характеристика месторождения Байюнь-Обо.

63. Рассеянные металлы и их применение.

64. Месторождения германия и галлия.

65. Минералы тугоплавких металлов, их промышленное применение.

66. Мазуровское и Азовское месторождения.

67. Магматические, карбонатитовые и пегматитовые месторождения тантала, ниобия и других редких металлов.

68. Руды скандия в Украине.

## ГЛАВА IV ГЕОЛОГИЯ НЕМЕТАЛЕВИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

### ГЛАВА IV ГЕОЛОГИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

#### 4.1 Введення

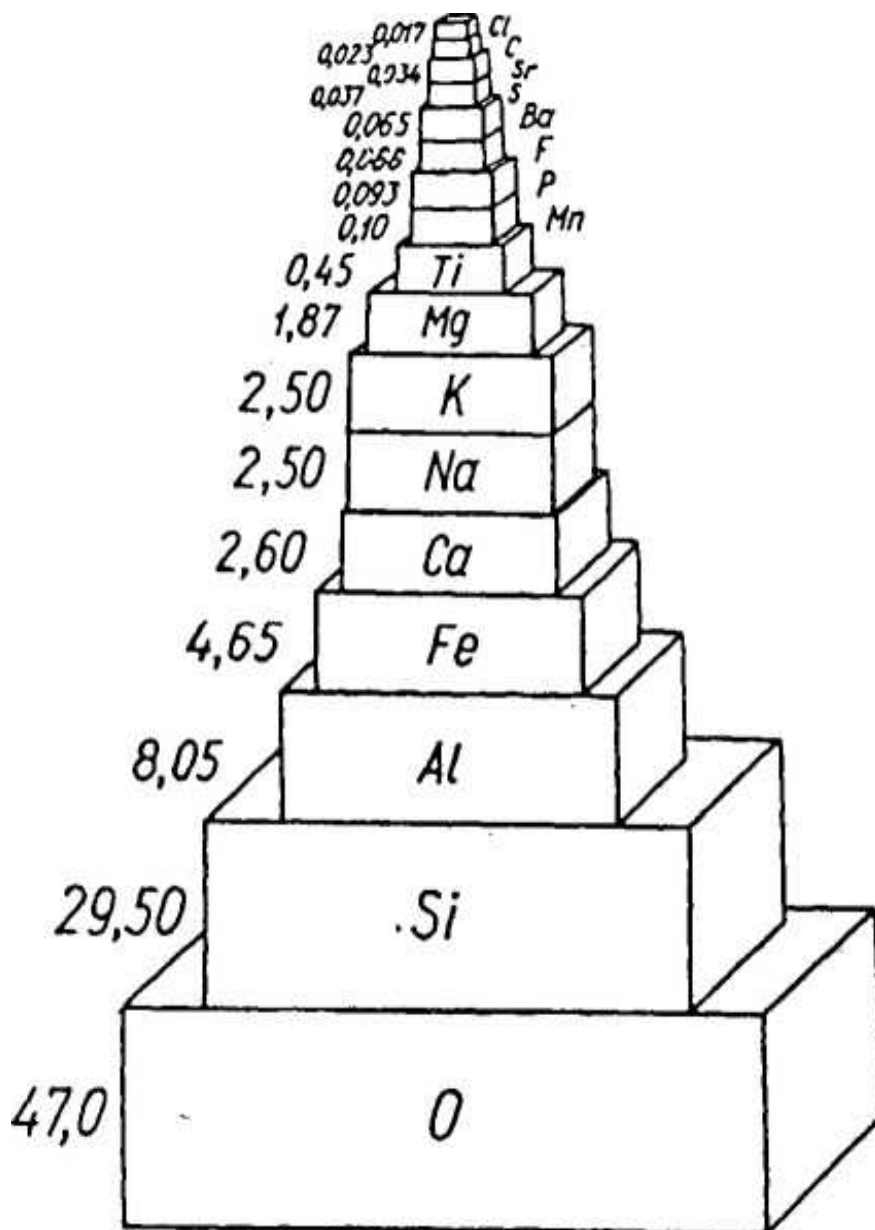
Неметалевими або нерудними корисними копалинами є різні мінерали і гірські породи, що застосовуються в різних галузях промисловості в природному вигляді чи після деякої обробки, що виключає металургійний процес.

Неметалеві корисні копалини складаються з таких широко розповсюджених елементів земної кори, як кисень, кремній, алюміній, кальцій, натрій, калій, фосфор, сірка, фтор, вуглець, хлор, тому вони зустрічаються в природі набагато частіше, ніж руди металів (мал.4.1). У мінералогічному відношенні неметалеві копалини – це головним чином силікати, галоїди, сульфати, карбонати, фосфати, оксиди, борати і самородні елементи. Характерною рисою нерудної мінеральної сировини є різноманіття фізико-хімічних властивостей, що дозволяє застосовувати одну й ту ж сировину в різних галузях промисловості. Наприклад, глини можуть бути використані як будівельний матеріал, керамічна сировина, адсорбенти чи вогнетриви. Вапняки застосовуються як флюси в металургії, з них одержують вапно, вони служать як будівельний камінь і т.п. У той же час різні корисні копалини, що мають однакові або близькі властивості використовуються в промисловості для однакових цілей. В електропромисловості, наприклад, як ізолятори використовується слюда, мармур і азбест; теплоізоляторами служать вермикуліт, азбест, діатоміт і т.п.

#### 4.1 Введение

Неметаллическими или нерудными полезными ископаемыми являются различные минералы и горные породы, которые применяются в различных отраслях промышленности в естественном виде или после некоторой их обработки, исключая металлургический процесс.

Неметаллические полезные ископаемые состоят, в основном, из таких широко распространенных элементов земной коры, как кислород, кремний, алюминий, кальций, натрий, калий, фосфор, сера, фтор, углерод, хлор, поэтому они встречаются в природе гораздо чаще, чем руды металлов (рис.4.1). В минералогическом отношении неметаллические ископаемые – это главным образом силикаты, галоиды, сульфаты, карбонаты, фосфаты, оксиды, бораты и самородные элементы. Характерной особенностью нерудного минерального сырья часто является многообразие физико-химических свойств, что позволяет применять одно и то же сырье в различных отраслях промышленности. Например, глины могут быть использованы как строительный материал, керамическое сырье, адсорбенты или огнеупоры. Известняки применяются в качестве флюсов в металлургии, из них получают известь, они служат в качестве строительного камня и т.д. В то же время различные полезные ископаемые, обладающие одинаковыми или близкими свойствами используются в промышленности для одних и тех же целей. В электропромышленности, например, в качестве изоляторов используется слюда, мрамор и азбест; теплоизоляторами служат вермикулит, азбест, диатомит и т.д.



Мал. 4.1. Кількісні співвідношення головних хімічних елементів у земній корі (по К.А.Власову).  
 Рис. 4.1. Количественные соотношения главных химических элементов в земной коре (по К.А.Власову).

Ці особливості нерудних корисних копалин вимагають постійного вивчення не тільки їхнього хімічного і мінерального складу, але також фізичних і технологічних властивостей. Усі ці властивості неметалевих копалин мінливі навіть у межах окремих родовищ, що сильно позначається на промисловій цінності тих чи інших мінералів і гірських порід. Прозорий кальцит, наприклад, з високим дво-заломленням світла - ісландський шпат - є дуже цінним мінералом, тоді як правило супутний йому непрозорий карбонат

Эти особенности нерудных полезных ископаемых требуют постоянного изучения не только их химического и минерального состава, но также физических и технологических свойств. Все эти свойства у неметаллических ископаемых изменчивы даже в пределах отдельных месторождений, что сильно сказывается на промышленной ценности тех или иных минералов и горных пород. Прозрачный кальцит, например, с высоким двулучепреломлением, именуемый исландским шпатом, является весьма ценным полезным ископаемым, тогда как



кальцію промислової цінності не має. Чистий кварцевий пісок, що містить не більше 0,025% оксидів заліза, служить сировиною для виробництва вищих сортів скла (оптичного, дзеркального і т.ін.), тоді як при вмісті більше 0,1% оксидів заліза він придатний лише для виготовлення темного пляшкового скла, скляної вати й іншої подібної продукції.

Науково-технічна революція, пережита сучасним суспільством, викликала необхідність пошуку нових видів сировини. Різке збільшення потреби сільського господарства в мінеральних добривах, стрімке зростання житлового і промислового будівництва, необхідність заміни відсутніх металів, зростаюча хімізація промисловості – усе це обумовило широке застосування неметалевих корисних копалин у різних галузях виробництва. Не дивно тому, що загальна вартість неметалевих корисних копалин, що добуваються на даний час в усьому світі помітно перевищує вартість металевих копалин. Надалі роль цієї групи мінеральної сировини у світовій економіці ще більше зросте.

#### 4.1.1 Класифікація

Внаслідок різноманітного походження нерудної сировини, її різного складу, властивостей і застосування в промисловості класифікація неметалевих корисних копалин остаточно не розроблена. У практичній діяльності геологічної служби і гірничодобувної промисловості, як правило, виділяють такі групи найважливіших видів нерудної сировини:

1) хімічна й агрономічна сировина: мінеральні солі, сірка, фосфорити, апатит;

обычно сопутствующий ему непрозрачный карбонат кальция промышленной ценности не имеет. Чистый кварцевый песок, содержащий не более 0,025% оксидов железа, служит сырьем для производства высших сортов стекла, (оптического, зеркального и т.д.), тогда как при содержании более 0,1% оксидов железа он пригоден лишь для изготовления темного бутылочного стекла, стеклянной ваты и другой подобной продукции.

Научно-техническая революция, переживаемая современным обществом, вызвала необходимость изыскания новых видов сырья. Резкое увеличение потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях, стремительный рост жилищного и промышленного строительства, необходимость замены недостающих металлов, все возрастающая химизация промышленности – все это обусловило широкое применение неметаллических полезных ископаемых в различных отраслях производства. Неудивительно поэтому, что общая стоимость неметаллических полезных ископаемых, добываемых в настоящее время во всем мире заметно превышает стоимость металлических ископаемых. В дальнейшем роль этой группы минерального сырья в мировой экономике еще больше возрастет.

#### 4.1.1 Классификация

Вследствие разнообразного происхождения нерудного сырья, его различного состава, свойств и применения в промышленности классификация неметаллических полезных ископаемых окончательно не разработана. В практической деятельности геологической службы и горнодобывающей промышленности обычно выделяют следующие группы важнейших видов нерудного сырья:

1) химическое и агрономическое сырье: минеральные соли, сера, фосфориты, апатит;

2) технологічна сировина і будівельні матеріали: вапняк, доломіт, кварцит, плавиковий шпат, глини і каолін, піски, пісковики, вивержені і метаморфічні породи,

3) індустріальна сировина: алмаз, графіт, азбест, п'єзокварц, слюди, ісландський шпат, тальк.

Це умовний розподіл, тому що деякі з видів неметалевих корисних копалин внаслідок їхнього різноманітного використання можна віднести не до однієї, а до різних груп мінеральної сировини. Флюорит або плавиковий шпат, наприклад, може бути однаково поміщений у групи і хімічної сировини і флюсів. З численних неметалевих корисних копалин у цьому підручнику описані тільки деякі найбільше важливі види, що широко використовуються у промисловості та сільському господарстві.

## 4.2 Хімічна й агрономічна сировина

### 4.2.1 Мінеральні солі

Характерною рисою мінеральних солей є їх солоний або гірко-солоний смак і відносно легка розчинність у воді. За хімічним складом вони є головним чином галоїдами і сульфатами натрію, калію і магнію, найважливішими з яких є мінерали галіт  $\text{NaCl}$  (кам'яна чи поварена сіль), сильвін  $\text{KCl}$ , карналіт  $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , мірабіліт  $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$  і тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Солі використовуються в побуті, сільському господарстві, хімічній та харчовій промисловості. Необхідною фізіологічною нормою споживання кожною людиною повареної солі є 5,5-6 кг на рік, тому добуток її постійно зростає. Наприкінці ХХст. в усьому світі добувалося близько

2) технологическое сырье и строительные материалы: известняк, доломит, кварцит, плавиковый шпат, глины и каолин, пески, песчаники, изверженные и метаморфические породы,

3) индустриальное сырье: алмаз, графит, асбест, пьезокварц, слюды, исландский шпат, тальк.

Это деление условное, так как некоторые из видов неметаллических полезных ископаемых вследствие их разнообразного использования можно отнести не к одной, а разным группам минерального сырья. Флюорит или плавиковый шпат, например, может быть с равным основанием помещен в группы и химического сырья и флюсов. Из многочисленных неметаллических полезных ископаемых в настоящем учебнике описаны только некоторые наиболее важные его виде, широко используемых в промышленности и сельском хозяйстве.

## 4.2 Химическое и агрономическое сырье

### 4.2.1 Минеральные соли

Характерной особенностью минеральных солей является их соленый или горько-соленый вкус и относительно легкая растворимость в воде. По химическому составу они являются главным образом галоидами и сульфатами натрия, калия и магния, важнейшими из которых являются минералы галит  $\text{NaCl}$  (каменная или поваренная соль), сильвин  $\text{KCl}$ , карналлит  $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Соли используются в быту, сельском хозяйстве, химической и пищевой промышленности. Необходимой физиологической нормой потребления каждым человеком поваренной соли является 5,5-6 кг в год, поэтому добыча ее все время растет.

200млн.т. повареної солі щорічно. При цьому на долю США і КНР приходилося 36% всього здобутку. Ціна 1т солі на світовому ринку коливається від 15 до 18 доларів США. Запаси кам'яної солі в Україні складають 23,7млр.т, її розробки, головним чином у Донбасі, роблять Україну головним постачальником солі в СНД.

Постійно зростає попит на калійні солі, більше 90% яких йде на переробку в добрива для сільського господарства. Якщо в 1960р. в усьому світі було добуто 8,64млн.т калійних солей, то в 1998р. їхній добуток склав 25,87млн.т, у тому числі в Канаді – 9,2млн.т, СНД – 6,9млн.т, у Німеччині – 3,6млн.т і Білорусії – 3,45млн.т. Загальні геологічні і перспективні запаси природних калійних солей у СНД є найбільшими у світі й оцінюються в 350-400млр.тон, з них 220млр.т зосереджені у Верхньокамському родовищі Росії. Запаси солей калію в Україні складають 3,5млр.т, їхній підземний добуток здійснюється на Калушському і Стебникському родовищах в Прикарпатті.

Усі промислові родовища солей за своїми генетичними особливостями є осадовими хімічного походження. Серед них розрізняють викопні осадові родовища і сучасні соляні родовища.

*Викопні родовища* представлені пластовими чи куполоподібними покладами солей, що утворилися в древніх соляних басейнах і, що залягають на певній глибині від поверхні. Розміри цих родовищ нерідко досягають десятків і сотень квадратних кілометрів при потужності соляних відкладень до кількох сотень метрів. Соляні куполи утворюються внаслідок поступового підйому солі з місць її спочатку пластового залягання в більше верхні горизонти під дією тектонічних на-

В концe XXв. во всем мире добывалось около 200 млн.т. поваренной соли ежегодно. При этом на долю США и КНР приходилось 36% всей добычи. Цена 1т соли на мировом рынке колеблется от 15 до 18 долларов США. Запасы каменной соли в Украине составляют 23,7млр.т, ее разработки, главным образом в Донбассе, делают Украину главным поставщиком соли в СНГ.

Все время растет спрос на калийные соли, более 90% которых идет на переработку в удобрения для сельского хозяйства. Если в 1960г во всем мире было добыто 8,64 млн.т калийных солей, то в 1998г их добыча составила 25,87млн.т, в том числе в Канаде – 9,2млн.т, СНГ – 6,9млн.т, в Германии – 3,6млн.т и Белоруссии – 3,45млн.т. Общие геологические и перспективные запасы природных калийных солей в СНГ являются самыми большими в мире и оцениваются в 350-400млр.тонн, из них 220млр.т сосредоточены в Верхнекамском месторождении России. Запасы солей калия в Украине составляют 3,5млр.т, их подземная добыча производится на Калушском и Стебникском месторождении в Предкарпатье.

Все промышленные месторождения солей по своим генетическим особенностям являются осадочными химического происхождения. Среди них различают ископаемые осадочные месторождения и современные соляные месторождения.

*Ископаемые месторождения* представлены пластовыми или куполообразными залежами солей, образовавшимися в древних соляных бассейнах и залегающими на некоторой глубине от поверхности. Размеры этих месторождений нередко достигают десятков и сотен квадратных километров при мощности соляных отложений до нескольких сот метров. Соляные купола

пруг, а також навантаженням вищезалігаючих порід. Під великим тиском сіль стає пластичною і може активно діяти на породи покрівлі, піднімаючи їх у вигляді купола або навіть протикаючи з утворенням соляних штоків, що виходять місцями на денну поверхню, як, наприклад, у Прикарпатті або Середній Азії. Потужність куполоподібних покладів солі доходить іноді до 4-5 і більше км. До соляних діапирових структур часто приурочені родовища нафти і газу. Цей тип родовищ є найбільше важливим у промисловому відношенні. До нього належать усі найбільші родовища солей світу.

50% всього здобутку кам'яної солі і 100% здобутку калійних солей у СНД приходить на Європейську частину. У СНД розташовані такі найбільші за своїми запасами з високою якістю солей родовища як Слав'янсько-Артемівське (Донбас), Верхньокамське (Пермська область), Старобинське та інші родовища Білорусії, Солотвинське, Калуш, Стебник (Прикарпаття). Тут вони приурочені до відкладень девонської, пермської і третинної системи. Значні запаси солі зосереджені в Урало-Ембінському районі, на території Середньої Азії, в Іркутській області, у Якутії, Закавказзі, у ряді країн далекого зарубіжжя (КНР, США, Німеччина, Польща та ін.).

*Сучасні соляні родовища* приурочені до соляних озер, морських заток і лагун, у яких осадження солей відбувається і на даний час. За своїми запасами і розмірами вони значно менші від викопних родовищ, але завдяки легкій можливості розробки і великій поширеності на поверхні Землі вони мають велике промислове значення. Залежно від складу осаджуючих солей розрізняють хлоридні, сульфатні та содові водойми. За даними А.А.

образуються в результаті поступового підйому соли из мест ее первоначально пластового залегания в более верхние горизонты под действием тектонических напряжений, а также нагрузки вышележащих пород. Под большим давлением соль становится пластичной и может активно действовать на породы кровли, приподнимая их в виде купола или даже протыкая с образованием соляных штоков, выходящих местами на дневную поверхность, как, например, в Предкарпатье или Средней Азии. Мощность куполообразных залежей соли доходит иногда до 4-5 и более км. К соляным диапировым структурам часто приурочены месторождения нефти и газа. Этот тип месторождений является наиболее важным в промышленном отношении. К нему принадлежат все крупнейшие месторождения солей мира.

50% всей добычи каменной соли и 100% добычи калийных солей в СНГ приходится на Европейскую часть. В СНГ расположены такие крупнейшие по своим запасам с высоким качеством солей месторождения как Славянско-Артемовское (Донбасс), Верхнекамское (Пермская область), Старобинское и другие месторождения Белоруссии, Солотвинское, Калуш, Стебник (Прикарпатье). Здесь они приурочены к отложениям девонской, пермской и третичной системы. Значительные запасы соли сосредоточены в Урало-Эмбінском районе, на территории Средней Азии, в Иркутской области, в Якутии, Закавказье, в ряде стран дальнего зарубежья (КНР, США, Германия, Польша и др.).

*Современные соляные месторождения* приурочены к соляным озерам, морским заливам и лагунам, в которых осаджение солей происходит и в настоящее время. По своим запасам и размерам они значительно

Іванова, всі сучасні соляні родовища СНД групуються в межах так званого соляного поясу, що простягається від низовий Дунаю на заході до Забайкалля на сході. У цьому поясі розташовані соляні озера і затоки Чорного й Азовського морів (Одеські лимани, Сиваш та ін.), Північно-Кавказьких степів, Поволжя і Прикаспійської низовини (Баскунчак, Ельтон, з. Кара-Богаз-Гол та ін.). На схід пояс розширюється, захоплюючи озера Казахстану, Середньої Азії, Західного Сибіру, лівого берега ріки Обі та верхів'я Іртиша. Ще далі до сходу соляні озера поширені в Мінусинському районі, Забайкаллі, Туві і на півночі Монголії.

Крім цих двох основних типів родовищ солей існують ще соляні джерела і розсоли, що утворюються внаслідок вилуговування підземними водами солей на глибині, а також вулканічні згони солей – єдиний тип родовищ мінеральних солей ендегенного походження, що не має промислового значення. Необмежені запаси повареної солі, калійних й інших солей зосереджені у водах морів і океанів. У ряді країн з жарким кліматом – Китаї, Індії, Японії, Туреччині, Філіппінах – головну масу харчової солі добувають з морської води, що по каналах або за допомогою насосів надходить у спеціальні басейни випарювання.

Із зазначених вище типів соляних родовищ розглянемо приклади викопних родовищ.

*Слав'янско-Артемівське родовище* кам'яної солі розташовано в Донецькій області України і розробляється з 1876р. Родовище приурочене до Слав'янско-Артемівської (Бахмутської) котловини, складеної породами кам'яновугільного і пермського віків, перекритих у центральній частині мезозойськими і третинними

меньше ископаемых месторождений, но благодаря легкой доступности для разработки и большой распространенности на поверхности Земли они имеют большое промышленное значение. В зависимости от состава осаждающих солей различают хлоридные, сульфатные и содовые водоемы. По данным А.А.Иванова все современные соляные месторождения СНГ группируются в пределах так называемого соляного пояса, протягивающегося от низовий Дуная на западе до Забайкалья на востоке. В этом поясе расположены соляные озера и заливы Черного и Азовского морей (Одесские лиманы, Сиваш и др.), Северо-Кавказских степей, Поволжья и Прикаспийской низменности (Баскунчак, Эльтон, залив Кара-Богаз-Гол и др.). Восточнее пояс расширяется, захватывая озера Казахстана, Средней Азии, Западной Сибири, левого берега реки Оби и верховье Иртыша. Еще далее к востоку соляные озера распространены в Мінусинском районе, Забайкалье, Туве и на севере Монголии.

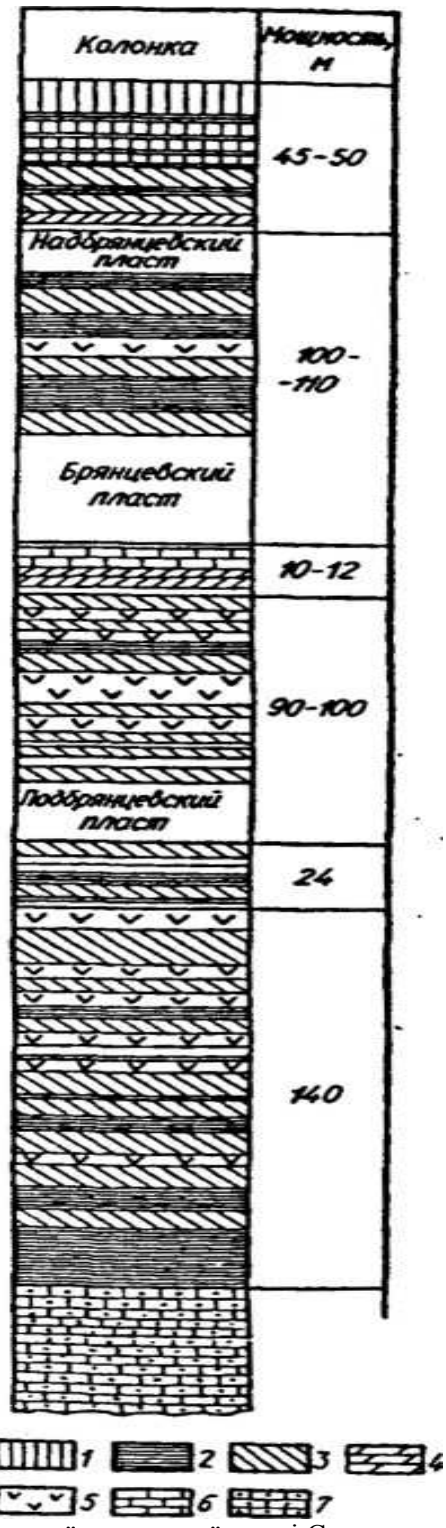
Помимо этих двух основных типов месторождений солей существуют еще соляные источники и рассолы, образующиеся в результате выщелачивания подземными водами солей на глубине, а также вулканические возгоны солей – единственный тип месторождений минеральных солей эндегенного происхождения, которые не имеют промышленного значения. Неограниченные запасы поваренной соли, калийных и других солей сосредоточены в водах морей и океанов. В ряде стран с жарким климатом – Китае, Индии, Японии, Турции, Филиппинах – главную массу пищевой соли добывают из морской воды, которая по каналам или с помощью насосов поступает в специальные бассейны выпаривания.

Із указаних вище типів соляних месторождений рассмотрим примеры ис-

покладами. Соленосна товща нижньопермського віку потужністю до 500м належить до слов'янської свити, складеної переважно кам'яною сіллю й ангідритами, а також пластами вапняків, глин і мергелів (мал.4.2). Верхня частина свити має два промислові пласти солі: надбрянцевський і брянцевський, що розділені один від одного пластами глин і ангідритів. Потужність кожного пласта солі доходить до 40-44м. Середня частина слов'янської свити містить 12 пластів солі сумарною потужністю до 70м. Найбільше важливий підбрянцевський пласт має максимальну потужність близько 50м. У нижній частині свити нараховується до 10-15 пластів кам'яної солі потужністю від 2 до 7м. Ці пласти промислового значення не мають. Уся соленосна товща залягає майже горизонтально, кути падіння пластів солі 3-4°. Кам'яна сіль трьох найбільше потужних шарів, що розробляються – надбрянцевського, брянцевського і підбрянцевського високої якості. Вміст NaCl складає до 96-98%. Сумарні запаси і ресурси солі в котловині, що має довжину 45км і ширину 35км вимірюються десятками мільярдів тонн. Розробка солі ведеться рудниками з високим ступенем механізації гірничих робіт.

копаемых месторождений.

*Славянско-Артемовское месторождение* каменной соли расположено в Донецкой области Украины и разрабатывается с 1876г. Месторождение приурочено к Славянско-Артемовской (Бахмутской) котловине, сложенной породами каменноугольного и пермского возрастов, перекрытых в центральной части котловины мезозойскими и третичными осадками. Соленосная толща нижнепермского возраста мощностью до 500м принадлежит славянской свите, сложенной преимущественно каменной солью и ангидритами, а также пластами известняков, глин и мергелей (рис.4.2). Верхняя часть свиты имеет два промышленных пласта соли: надбрянцевский и брянцевский, которые разделены друг от друга пластами глин и ангидритов. Мощность каждого пласта соли доходит до 40-44м. Средняя часть славянской свиты содержит 12 пластов соли суммарной мощностью до 70м. Наиболее важный подбрянцевский пласт имеет максимальную мощность около 50м. В нижней части свиты насчитывает до 10-15 пластов каменной соли мощностью от 2 до 7м. Эти пласты промышленного значения не имеют. Вся соленосная толща залегает почти горизонтально, углы падения пластов соли 3-4°. Каменная соль разрабатываемых трех наиболее мощных пластов – надбрянцевского, брянцевского и подбрянцевского высокого качества. Содержание NaCl составляет до 96-98%. Суммарные запасы и ресурсы соли в котловине, имеющие длину 45км и ширину 35км измеряются десятками миллиардов тонн. Разработка соли ведется рудниками с высокой степенью механизацией горных работ.



Мал. 4.2. Розріз нижньопермської соленосної товщі Славянсько-Артемівського родовища:

1 -гіпс; 2 - глина; 3 - ангидрит; 4 - мергель; 5 - кам'яна сіль; 6 - вапняк; 7 - пісковик.

Рис. 4.2. Разрез нижнепермской соленосной толщи Славянско-Артемовского месторождения:

1 –гипс; 2 – глина; 3 – ангидрит; 4 – мергель; 5 – каменная соль; 6 – известняк; 7 – песчаник.

Верхньокамське родовище калійних солей знаходиться в Пермській області і належить до потужної серії осадових порід нижньопермського віку, що розміщуються на західному схилі Уралу. Природні розсоли в цьому районі були відомі

Верхнекамское месторождение калийных солей находится в Пермской области и приурочено к мощной серии осадочных пород нижнепермского возраста, которые размещаются на западном склоне Урала. Природные рассолы в этом районе

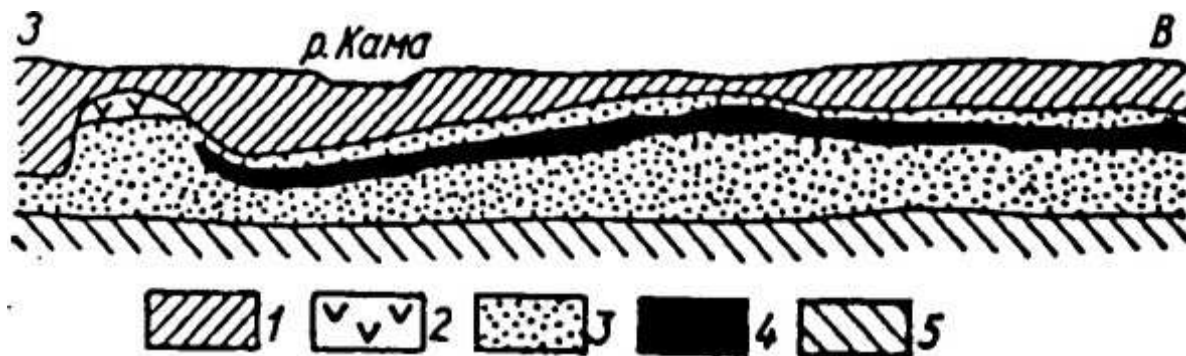
ще в XVст., а родовище викопних солей відкрито в 1925р. В основі соленосних відкладень розташовуються вапняки, мергелі, глини, пісковики та інші породи. На них залягає товща кам'яної солі і калійних солей потужністю до 450-550м (мал.4.3). Ця товща поділяється на три горизонти: найбільш нижній з них складений так званою підстилаючою кам'яною сіллю, і має потужність 300-350м; середній горизонт складається із пластів калійних солей які перешаровуються, з шарами кам'яної солі загальною потужністю 75-80м, а верхній горизонт представлений покривною кам'яною сіллю потужністю до 50м. Ця потужна товща солей перекрита надсоленосними відкладеннями, що складаються з гіпсоносних глин, мергелів, а також вапняків і пісковиків. Усі ці породи, що складають родовище, ізм'яті в пологі брахіантиклінальні складки, ускладнені місцями куполоподібними підняттями з крутим падінням шарів порід, а також тектонічними розривами і численними дрібними складками. Кам'яна сіль нижнього горизонту чиста, домішки глинистих часток у ній, як правило, не перевищують 2-3%. Однак головну цінність родовища складає середній горизонт, 55% загальної потужності якого приходить на калійні солі. У ньому нараховується до 15 пластів калійних солей потужністю від 0,5 до 15м і більше, вони перешаровуються з пластами кам'яної солі потужністю до 6м і більше. У верхній частині описуваного горизонту знаходяться калійні і магнієві солі, що представлені пластами карналітової породи і так називаним строкатим сильвінітам, а в нижній є пласти тільки червоного сильвініту. Добування калійних і магнієвих солей у рудниках ведеться на глибинах від 250 до 400м. Слід зазначити, що в

були известны еще в XVв, а месторождение ископаемых солей открыто в 1925г. В основании соленосных отложений располагаются известняки, мергели, глины, песчаники и другие породы. На них залегают толща каменной соли и калийных солей мощностью до 450-550м (рис.4.3). Эта толща делится на три горизонта: самый нижний из них сложен так называемой подстилающей каменной солью и имеет мощность 300-350м; средний горизонт состоит из переслаивающихся пластов калийных солей и каменной соли общей мощностью 75-80м, а верхний горизонт представлен покровной каменной солью мощностью до 50м. Эта мощная толща солей перекрыта надсоленосными отложениями, состоящими из гипсоносных глин, мергелей, а также известняков и песчаников. Все эти породы, слагающие месторождение, смяты в пологие брахиантиклинальные складки, усложненные местами куполовидными поднятиями с крутым падением пластов пород, а также тектоническими разрывами и многочисленными мелкими складками. Каменная соль нижнего горизонта чистая, примесь глинистых частиц в ней обычно не превышает 2-3%. Однако главную ценность месторождения составляет средний горизонт, 55% общей мощности которого приходится на калийные соли. В нем насчитывается до 15 пластов калийных солей мощностью от 0,5 до 15м и более, они переслаиваются с пластами каменной соли мощностью до 6м и более. В верхней части описываемого горизонта находятся калийные и магниевые соли, которые представлены пластами карналитовой породы и так называемым пестрым сильвинитам, а в нижней имеются пласты только красного сильвинита. Добыча калийных и магниевых солей в рудниках ведется на глубинах от 250 до 400м. Следует отметить, что в многочисленных мелких



численних дрібних порожнечках серед пластів цих солей містяться гази, що знаходяться під великим тиском (азот, метан, вуглекислий газ). Верхньокамське родовище характерне відсутністю сульфатних солей калію і натрію, що є типовим для деяких інших калійних родовищ світу, наприклад, розташованих на території Німеччини.

пустотах среди пластів цих солей содер- жатся находящиеся под большим давлени- ем газы (азот, метан, углекислый газ). Верх- некамское месторождение характерно от- сутствием сульфатных солей калия и на- трия, которые типичны для некоторых дру- гих калийных месторождений мира, напри- мер, расположенных на территории Герма- нии.



Мал. 4.3. Геологічний розріз Верхньокамського родовища (по А.А.Іванову):

1 - покривні породи (мергелі, глини, пісковики та ін.); 2 - гіпс; 3 - кам'яна сіль;

4 - поклад калійних солей; 5 - породи, що підстиляють соляну товщу.

Рис. 4.3. Геологический разрез Верхнекамского месторождения (по А.А.Иванову):

1 – покровные породы (мергели, глины, песчаники и др.); 2 – гипс; 3 – каменная соль;

4 – залежь калийных солей; 5 – породы, подстилающие соляную толщу.

Родовища солей Німеччини відіграють важливу роль в економіці цієї країни, 2/3 території якої містять соленосні відкладення верхньопермського віку. Уперше калійні солі були виявлені в 1843 році при розвідці Стасфурського родовища кам'яної солі. Промислова розробка калійних солей почалася тут наприкінці 50-х – початку 60-х рр. XIX сторіччя. Вивчення відкладень верхньопермського (цехштейнового) басейну, дозволило установити чотири цикли накопичення солей. З трьома з них пов'язане утворення пластів сильвініту, карналіту і кизериту ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ ). Мінеральний склад і потужності цих пластів непостійна і змінюється в досить широких межах.

Родовище Верра має два пласти калійних солей: «Тюринген» потужністю від 2,5 до 4м і «Гессен» потужністю 2,5м. Ці

Месторождения солей ФРГ играют важную роль в экономике этой страны, 2/3 территории которой содержат соленосные отложения верхнепермского возраста. Впервые калийные соли были обнаружены в 1843 году при разведке Стасфурского месторождения каменной соли. Промышленная разработка калийных солей началась здесь в конце 50-х – начале 60-х годов XIX столетия. Изучение отложений верхнепермского (цехштейнового) бассейна, позволило установить четыре цикла накопления солей. С тремя из них связано образование пластов сильвинита, карналлита и кизерита ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ ). Минеральный состав и мощности этих пластов непостоянна и изменяется в довольно широких пределах.

Месторождение Верра имеет два пласта калийных солей: пласт «Тюринген» мощностью от 2,5 до 4м и пласт «Гессен» мощно-

пласти розміщуються серед могутньої (250-300м) товщі кам'яної солі, що виникла протягом першого циклу соленакопичення. Це родовище цікаве впровадженнями третинних базальтів у соленосну товщу. Поблизу таких упроваджень, а також вздовж тектонічних розломів є порожнечі, заповнені газами (переважно CO<sub>2</sub>), що знаходяться під великим тиском (до 10 атм.). Із цих порожнеч бувають прориви газів, що ускладнює проведення гірських робіт. Найбільш потужним (від 5 до 25м) є пласт «Стасфурт», що утворився разом з кізери́товим горизонтом і товщею кам'яної солі протягом наступного циклу соленакопичення. Стасфурський пласт калійних солей представлений карналітовою породою, що складається на 55% з карналіту, 26% кам'яної солі, 17% кізери́ту і так званою твердою сіллю (хартзальц), що складається із сильвіну (24%), кам'яної солі (55%) і кізери́ту (18%). Крім цих мінералів, у шарі зустрічаються домішки ангідриту і глини. Стасфурський горизонт калійних солей розповсюджений на площі близько 100 тис.км<sup>2</sup> і має найбільше практичне значення.

#### 4.2.2 Сірка

Сірка зустрічається як у самородному вигляді, так і у вигляді з'єднань, головним чином сульфідів і сульфатів. Головне промислове значення має самородна сірка. У чистому вигляді сірка має жовтий колір, іноді вона містить домішки миш'яку, селену, телуру буває забруднена глинистою чи органічною речовиною. Плавиться сірка при температурі 113-119°C, легко загоряється, погано проводить тепло й електрику, при терті заряджається негативно.

ствю 2,5м. Оба эти пласта размещаются среди мощной (250-300м) толщи каменной соли, возникшей в течение первого цикла соленакопления. Это месторождение интересно внедрениями третичных базальтов в соленосную толщу. Вблизи таких внедрений, а также вдоль тектонических разломов имеются пустоты, заполненные газами (преимущественно CO<sub>2</sub>), которые находятся под большим давлением (до 10 атм.). Из этих пустот бывают прорывы газов, что осложняет ведение горных работ. Самым мощным (от 5 до 25м) является пласт «Стасфурт», образовавшийся вместе с кизеритовым горизонтом и толщей каменной соли в течение следующего цикла соленакопления. Стасфуртский пласт калийных солей представлен карналлитовой породой, состоящей на 55% из карналлита, 26% каменной соли, 17% кизерита и так называемой твердой солью (хартзальц), которая состоит из сильвина (24%), каменной соли (55%) и кизерита (18%). Помимо этих минералов, в пласте встречаются примеси ангидрита и глины. Стасфуртский горизонт калийных солей распространен на площади около 100 тыс.км<sup>2</sup> и имеет наибольшее практическое значение.

#### 4.2.2 Сера

Сера встречается как в самородном виде, так и в виде соединений, главным образом сульфидов и сульфатов. Главное промышленное значение имеет самородная сера. В чистом виде сера обладает желтым цветом, иногда она содержит примеси мышьяка, селена, теллура или бывает, загрязнена глинистым или органическим веществом. Плавится сера при температуре 113-119°C, легко загорается, плохо проводит тепло и электричество, при трении заряжается отрицательно.

Основним споживачем сірки є хімічна промисловість, тут вона застосовується для виробництва сірчаної кислоти, необхідної для виробництва мінеральних добрив й інших цілей. Багато сірки витрачається в паперово-целюлозному виробництві, сільському господарстві, виробництві гуми, у медицині та інших галузях. Споживання сірки швидко зростає в усіх промислово розвинутих країнах. Наприкінці ХХст. із 59млн.т виробленої у світі сірки 41млн.т приходився на самородну сірку, більше 5млн.т сірки отримано з піриту і близько 13млн.т з інших джерел. Загальні запаси самородної сірки складають близько 1млрд.т, вони зосереджені головним чином в Україні (253млн.т), а також Іраку, США, Мексиці, Польщі. Ціна 1т сірки на світовому ринку в 2004р. складала 23 долара США [16].

Сірчані руди представляють собою як правило осадові породи (вапняні, піщані, глинисті, гіпсові), у яких сірка міститься у вигляді цементу, розсіяних вкраплень, виділень у порожнечах і тріщинах, а також прошарків. Залежно від вмісту сірки виділяють серед осадових родовищ бідні руди (сірки 5-10%), рядові руди (10-25%) і багаті руди (сірки більше 25%). З багатих руд виплавляють у спеціальних печах і автоклавах сиру чи «комову» сірку. Цю сірку потім звільняють від домішок шляхом переплавлення або хімічної перегонки й одержують таким чином рафіновану сірку. Рядові і багаті руди попередньо збагачуються флотацією. Сірчана руда добувається кар'єрами, шахтами, а в ряді країн виплавляється під землею методом Фраша. При відкритому способі витягається 90-95% запасів сірки, при підземній виплавці - близько 25-35%.

Усі промислові родовища сірки відносяться до двох генетичних типів: вулка-

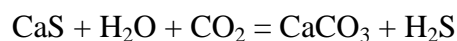
Основним потребителем серы является химическая промышленность, здесь она применяется для производства серной кислоты, необходимой для производства минеральных удобрений и других целей. Много серы расходуется в бумажно-целлюлозном производстве, сельском хозяйстве, производстве резины, в медицине и других областях. Потребление серы быстро растет во всех промышленно развитых странах. В конце ХХв из 59млн.т произведенной в мире серы 41млн.т приходился на самородную серу, более 5млн.т серы получено из пирита и около 13млн.т из других источников. Общие запасы самородной серы составляют около 1млрд.т, они сосредоточены главным образом в Украине (253млн.т), а также Ираке, США, Мексике, Польше. Цена 1т серы на мировом рынке в 2004г составляла 23 доллара США [16].

Серные руды представляют собой обычно осадочные породы (известковые, песчаные, глинистые, гипсовые), в которых сера содержится в виде цемента, рассеянных вкраплений, выделений в пустотах и трещинах, а также пропластков. В зависимости от содержания серы выделяют среди осадочных месторождений бедные руды (серы 5-10%), рядовые руды (10-25%) и богатые руды (серы более 25%). Из богатых руд выплавляют в специальных печах и автоклавах сырую или «комовую» серу. Эту серу затем очищают от примесей путем переплавки или химической перегонки и получают, таким образом, рафинированную серу. Рядовые и богатые руды предварительно обогащаются флотацией. Серная руда добывается карьерами, шахтами, а в ряде стран выплавляется под землей методом Фраша. При открытом способе извлекается 90-95% запасов серы, при подземной выплавке около 25-35%.

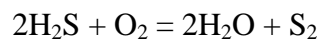
Все промышленные месторождения се-

ногенного, тобто, що утворилися внаслідок вулканічної діяльності й осадового. Відомі так само невеликі родовища сірки, що виникли внаслідок окислювання сульфідів. Останнім часом сірку стали витягати з природних газів (Франція, Росія та інші).

Основним промисловим типом є осадові родовища сірки. Найбільше ймовірно утворення сірки цих родовищ відбувалося біохімічним шляхом. Внаслідок діяльності так званих анаеробних бактерій, що живуть у безкисневому середовищі, може відбуватися нагромадження сірководню в морських і лагунових басейнах. Анаеробні бактерії розкладають не тільки органічні речовини, що знаходяться на дні басейну, але і різні сульфати, головним чином  $\text{CaSO}_4$ , розчинені у воді морів і лагун. За рахунок кисню сульфатів відбувається окислювання органічної речовини в  $\text{CO}_2$ , при цьому утворюється нестійкий сульфід лужного чи лужноземельного металу, що легко розкладається при участі вуглекислоти:



Сірководень, піднімаючись нагору, попадає в зону вод з вільним киснем, тут він окисляється і дає колоїдну чи вільну порошокату сірку, що утворює на дні басейну хімічні і механічні опади:



У зв'язку з великою рухливістю сірки надалі може відбуватися її міграція і перекристалізація. Тому за умовами утворення серед осадових родовищ сірки виділяють сингенетичні і епігенетичні родовища. У сингенетичних родовищах сірка рівномірно пропитує породи, і є одночасним з ними утворенням. У епігенетичних інфільтраційних родовищах сірка

относятся к двум генетическим типам: вулканогенным, т.е. образовавшимся в результате вулканической деятельности и осадочным. Известны так же небольшие месторождения серы, возникшие в результате окисления сульфидов. В последнее время серу стали извлекать из природных газов (Франция, Россия и др.).

Основным промышленным типом являются осадочные месторождения серы. Наиболее вероятно образование серы этих месторождений биохимическим путем. В результате деятельности так называемых анаэробных бактерий, живущих в бескислородной среде, может происходить накопление сероводорода в морских и лагуновых бассейнах. Анаэробные бактерии разлагают не только органические вещества, находящиеся на дне бассейна, но и различные сульфаты, главным образом  $\text{CaSO}_4$ , растворенные в воде морей и лагун. За счет кислорода сульфатов происходит окисление органического вещества в  $\text{CO}_2$ , при этом образуется неустойчивый сульфид щелочного или щелочноземельного металла, легко разлагающийся при участии углекислоты:

Сероводород, поднимаясь вверх, попадает в зону вод со свободным кислородом, здесь он окисляется и дает коллоидную или свободную порошокатую серу, которая пропитывает образующиеся на дне бассейна химические и механические осадки:

В связи с большой подвижностью серы в дальнейшем может происходить её миграция и перекристаллизация. Поэтому по условиям образования среди осадочных месторождений серы выделяют сингенетические и эпигенетические месторождения. В сингенетических месторождениях сера равномерно пропитывает вмещающие породы и является одновременным с ними образованием. В

заповнює тріщини, порожнечі, утворює кірки, тобто вона відкладена після утворення породи.

До осадкових родовищ відносяться всі найбільшєі родовища світу. В Україні до них належать родовища Прикарпаття (Раздольське, Язовське, Немировське та ін.), у Росії – Поволжя (Водинське, Алексеєвське та ін.), у Середній Азії (Шор-Су, Каракумське, Гаурдакське) й ін.

Вулканогенні родовища сірки належать до жерл діючих і погаслих вулканів, тріщинам і порожнечам лав, до туфів. Сірка утворюється тут внаслідок відкладення з газової фази фумарол (сублимаційні родовища), чи з гарячих сірчаних джерел (гідротермальні родовища). Родовища цього типу поширені на сході Росії (Камчатка і Курильські острови), у Японії, Чилі, Перу, Нової Зеландії, Італії. Усе більше важливого значення набуває на даний час добування сірки з газів, що у 2000р. склала в усьому світі більше 12млн.т. Найбільшими виробниками такої сірки є Франція, Канада, США.

Найбільша в СНД Прикарпатська сірчана провінція розташована на території Львівської й Івано-Франківської областей. Серед численних родовищ самородної сірки цієї провінції, одним з головних є *Раздольське родовище*, розташоване в 45км на південь від м. Львова. Тут на верхньокрейдяних осадкових породах залягають відкладення неогену, представлені гіпсоангідритовим горизонтом, вапняковим горизонтом і глинистою товщею. Сірка відноситься до порід вапнякового горизонту (мал.4.4). Вона зустрічається у вигляді прихованокристалічних і крупнокристалічних різновидів. Сірчаноносний пласт має потужність до 28м (у середньому 10-15м) і залягає майже горизонтально. Середній вміст сірки в шарі

эпигенетических инфильтрационных месторождениях сера заполняет трещины, пустоты, образует корки, т.е. она отложена после образования вмещающей породы.

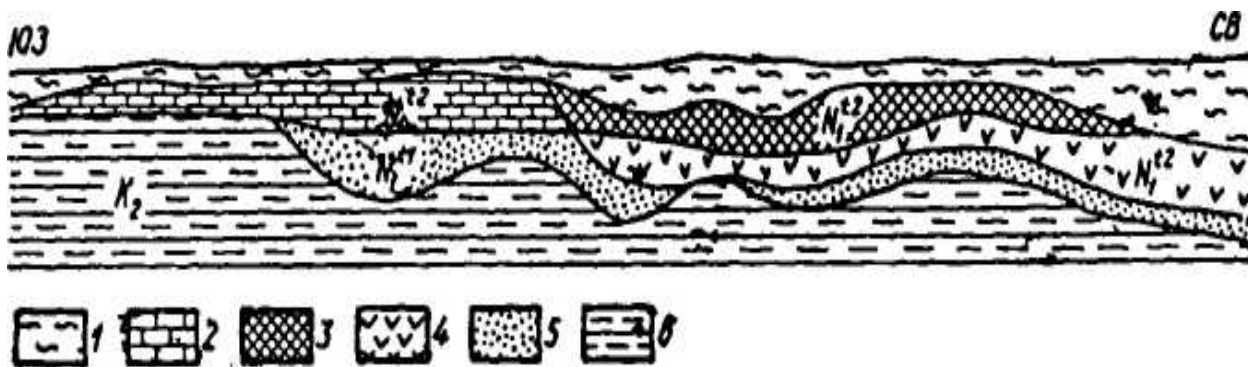
К осадочным месторождениям относятся все крупнейшие месторождения мира. В Украине к ним принадлежат месторождения Прикарпатья (Раздольское, Язовское, Немировское и др.), в России – Поволжья (Водинское, Алексеевское и другие), в Средней Азии (Шор-Су, Каракумское, Гаурдакское) и другие.

Вулканогенные месторождения серы приурочены к жерлам действующих и потухших вулканов, трещинам и пустотам лав, к туфам. Сера образуется здесь в результате отложения из газовой фазы фумарол (сублимационные месторождения), или из горячих серных источников (гидротермальные месторождения). Месторождения этого типа распространены на востоке России (Камчатка и Курильские острова), в Японии, Чили, Перу, Новой Зеландии, Италии. Все более важное значение приобретает в настоящее время добыча серы из газов, которая в 2000г составила во всем мире более 12млн.т. Крупнейшими производителями такой серы являются Франция, Канада, США.

Самая крупная в СНГ Прикарпатская серная провинция расположена на территории Львовской и Ивано-Франковской областей. Среди многочисленных месторождений самородной серы этой провинции, одним из главных является *Раздольское месторождение*, расположенное в 45км к югу от г.Львова. Здесь на верхнемеловых осадочных породах залегают отложения неогена, представленные гипсоангидритовым горизонтом, известняковым горизонтом и глинистой толщей. Сера приурочена в основном к породам известнякового горизонта (рис.4.4). Она встречается в

складає 20-25%. Це родовище, що має найбільші запаси самородної сірки, було основним її постачальником. Розробка велася відкритим способом. В Україні вживаються заходи для стабілізації здобутку сірки на рівні не менше 600тис.т у рік.

виде скрытокристаллической и крупнокристаллической разновидностей. Серносный пласт имеет мощность до 28м (в среднем 10-15м) и залегает почти горизонтально. Среднее содержание серы в пласте составляет 20-25%. Это месторождение, обладающее крупнейшими запасами самородной серы, являлось основным ее поставщиком. Разработка велась открытым способом. В Украине намечены меры по стабилизации добычи серы на уровне не менее 600тыс.т в год.



Мал. 4.4. Геологічний розріз Раздольського родовища (по И.В. Дорохину й ін.):

1 - покривні глини; 2 - вапняки; 3 - сірконосні вапняки; 4 - гіпс і ангідрит;  
5 - піски; 6 - підстильні мергелі.

Рис. 4.4. Геологический разрез Раздольского месторождения (по И.В.Дорохину и др.):

1 – покровные глины; 2 – известняки; 3 – сероносные известняки; 4 – гипс и ангидрит;  
5 – пески; 6 – подстилающие мергели.

#### 4.2.3 Фосфатна сировина

Фосфатна сировина застосовується головним чином для виробництва штучних добрив (до 95% видобутку), вона також широко використовується в металургії, у хімічній і харчовій промисловості, у медицині і т.д. Промислові родовища фосфатної сировини представлені двома типами руд: фосфоритами й апатитами. У країнах далекого зарубіжжя основу сировинної бази складають родовища фосфоритів, найбільше великі запаси яких зосереджені на північно-заході Африки (Туніс, Алжир, Марокко) і США. У Росії, що має найбільші у світі ресурси фосфатної сировини, її розвідані запаси розподілені приблизно нарівно між численними ро-

#### 4.2.3 Фосфатное сырье

Фосфатное сырье применяется главным образом для производства искусственных удобрений (до 95% добычи), оно также широко используется в металлургии, в химической и пищевой промышленности, в медицине и т.д. Промышленные месторождения фосфатного сырья представлены двумя типами руд: фосфоритами и апатитами. В странах дальнего зарубежья основу сырьевой базы составляют месторождения фосфоритов, наиболее крупные запасы, которых сосредоточены на северо-западе Африки (Тунис, Алжир, Марокко) и США. В России, обладающей крупнейшими в мире ресурсами фосфатного сырья, его разведанные запасы распределены примерно поров-

довищами фосфоритів і Хібінськими родовищами апатитів. Великі родовища апатиту відкриті останнім часом у Східному Сибіру. В Україні також є родовища фосфоритів і апатиту, що у даний час не розробляються (Осіковське родовище фосфоритів у Донбасі, Новоуполтавське апатит-рідкометальне в Приазов'ї та ін.). Споживання фосфатної сировини як і калійних солей, безупинно зростає в усьому світі і досягло наприкінці ХХст. 151млн.т. Запаси фосфатів усіх закордонних капіталістичних країн складають близько 45мрд.т, при цьому на фосфорити приходить 93,3%, а апатити – 6,7% цих запасів. Виробництво фосфатних концентратів ( $P_2O_5$  близько 32%) у 2004р. склало (млн.т) у США – 39, КНР – 31, Марокко – 21,6, Тунісі – 8,3, Йорданії – 5,5. Росія має у своєму розпорядженні родовища апатиту і фосфоритів із запасами близько 12млр.т, здобуток фосфатів у 1998р. склав тут 12,3млн.т. Експортні ціни фосфатних концентратів ( $P_2O_5$  близько 30%) склали на світовому ринку 32-38 доларів за одну тонну в портах відвантаження.

Більшість фосфатних руд вимагає збагачення. Основними методами переробки фосфатів є механічний і хімічний. Збагачена руда тонко подрібнюється і виходить апатитове чи фосфоритове борошно. Оскільки це борошно погано засвоюється рослинами, його піддають хімічній обробці сірчаною кислотою. При цьому виходить суперфосфат, у якому міститься 12-20%  $P_2O_5$  в легко засвоюваній рослинами формі.

*Апатит* являє собою фосфорнокислу сіль кальцію і має формулу  $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl)$ . Основним промисловим типом його родовищ є магматичні родовища, пов'язані з лужними породами ти-

ну между многочисленными месторождениями фосфоритов и Хибинскими месторождениями апатитов. Крупные месторождения апатита открыты за последнее время в Восточной Сибири. В Украине также имеются месторождения фосфоритов и апатита, которые в настоящее время не разрабатываются (Осыковское месторождение фосфоритов в Донбассе, Новоуполтавское апатит-редкометальное в Приазовье и др.). Потребление фосфатного сырья как и калийных солей, непрерывно растет во всем мире и достигло в конце ХХв 151млн.т. Запасы фосфатов всех зарубежных капиталистических и развивающихся стран составляют около 45мрд.т, при этом на фосфориты приходится 93,3%, а апатиты – 6,7% этих запасов. Производство фосфатных концентратов ( $P_2O_5$  около 32%) в 2000г составило (млн.т) в США – 39, КНР – 31, Марокко – 21,6, Тунисе – 8,3, Иордании – 5,5. Россия располагает месторождениями апатита и фосфоритов с запасами около 12млр.т, добыча фосфатов в 1998г составила здесь 12,3млн.т. Экспортные цены фосфатных концентратов ( $P_2O_5$  около 30%) составляли на мировом рынке 32-38 долларов за одну тонну в портах отгрузки.

Большинство фосфатных руд требует обогащения. Основными методами переработки фосфатов являются механический и химический. Обогащенная руда тонко измельчается и получается апатитовая или фосфоритовая мука. Поскольку эта мука плохо усваивается растениями, её подвергают химической обработке серной кислотой. При этом получается суперфосфат, в котором содержится 12-20%  $P_2O_5$  легко усваиваемой растениями форме.

*Апатит* представляет собой фосфорнокислую соль кальция и имеет формулу  $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl)$ . Основным промышленным типом его месторождений являются магма-

пу нефелінових сієнітів. Апатитові руди таких родовищ представляють собою крайній член диференціації нефелінової магми. До цього типу належать унікальні за своїми запасами *Хибинські родовища* апатитів, розташовані в центральній частині Кольського півострова. Хибинський масив лужних порід девонського віку має форму лаколіту і посідає площу понад 100км<sup>2</sup>. Він складений породами, що є різновидами нефелінових сієнітів: хібінитами, фойяїтами, ійоліт-уртити. З останніми просторово і генетично пов'язані найбільше великі родовища апатитів. Ійоліт-уртити утворюють смугу довжиною близько 40км, вигнуту у вигляді дуги з опуклістю на південному заході. Хибинські апатито-нефелінові руди представлені лінзоподібними покладами потужністю до 200м і довжиною до 11км. Апатитові руди поділяються на плямисті із середнім вмістом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> від 25 до 30%, смугасті (23-27% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) і сітчасті із вмістом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 20-15%. На даний час тут відомо більше 10 родовищ, деякі з них розробляються відкритим і підземним способами. Мінімальна промислова потужність при цьому складає 10м. Апатит може бути також побіжним компонентом при розробці комплексних магнетитових родовищ, генетично пов'язаних з кислими магматичними породами. Такі поклади апатит-магнетитових руд розташовані у Швеції. Відомі інші типи ендегенних родовищ апатиту (контактово-метасоматичні, гідротермальні, метаморфогенні), що мають, однак, підлегле значення.

тические месторождения, связанные со щелочными породами типа нефелиновых сиенитов. Апатитовые руды таких месторождений представляют собой крайний член дифференциации нефелиновой магмы. К этому типу принадлежат уникальные по своим запасам *Хибинские месторождения* апатитов, расположенные в центральной части Кольского полуострова. Хибинский массив щелочных пород девонского возраста имеет форму лакколита и занимает площадь свыше 100км<sup>2</sup>. Он сложен породами, являющимися разновидностями нефелиновых сиенитов: хибинитами, фойяитами, ийолит-уртити. С последними пространственно и генетически связаны наиболее крупные месторождения апатитов. Ийолит-уртиты образуют полосу длиной около 40км, изогнутую в виде дуги с выпуклостью на юго-запад. Хибинские апатито-нефелиновые руды представлены линзообразными залежами мощностью до 200м и протяженностью до 11км. Апатитовые руды делятся на пятнистые со средним содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 25 до 30%, полосчатые (23-27% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и сетчатые с содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 20-15%. В настоящее время здесь известно более 10 месторождений, некоторые из них разрабатываются открытым и подземным способами. Минимальная промышленная мощность при этом составляет 10м. Апатит может являться также попутным компонентом при разработке комплексных магнетитовых месторождений, генетически связанных с кислыми магматическими породами. Такие залежи апатит-магнетитовых руд расположены в Швеции. Известны и другие типы эндогенных месторождений апатита (контактово-метасоматические, гидротермальные, метаморфогенные), имеющие, однако, подчиненное значение.



*Фосфорити* – це осадові біохімічні породи, збагачені фосфатною речовиною, що складається з тонкодисперсного апатиту чи мінералів, близьких до нього (курскіту, подоліту та інших). Найбільше розповсюдженими в природі є такі типи фосфоритів:

1. *Жовнові чи конкреційні*, що представляють собою скупчення фосфатних конкрецій, які мають як правило розміри від 0,5 до 5см (іноді до 35см). Ці конкреції, розташовуються переважно серед пісково-глинистих порід, можуть зростати одна з одною і утворювати суцільну масу - фосфоритову плиту. Конкреції складаються з кристалічного чи аморфного фосфату кальцію, що цементує різні мінерали (кварц, марказит, гідроокисли заліза і т.д.) і органічні залишки. Вміст  $P_2O_5$  у конкреційних фосфоритах складає від 12 до 35%. Їх розробляють при мінімальній потужності пласта 0,5-1м;

2. *Зернисті фосфорити* складаються з дрібних пухких стягнень (оолітів) фосфатів, часто зцементованих глинясто-залістим чи карбонатним цементом. Різновидом зернистих фосфоритів є черепашкові фосфорити, що представляють собою фосфатні пісковики з фосфатизованими раковинами. Вміст  $P_2O_5$  як правило коливається від 5 до 16%. Мінімальна промислова потужність шару – 0,3м;

3. *Масивні мікрозернисті фосфорити* є однорідними темними породами, схожими на окременілі вапняки. Вони складаються з дрібних зерен фосфатів, зцементованих фосфатно-карбонатним чи фосфатно-кременистим цементом. Вміст  $P_2O_5$  26-28%. Мінімальна потужність пластів, придатних до розробки, складає 1м.

*Фосфориты* – это осадочные биохимические породы, обогащенные фосфатным веществом, состоящим из тонкодисперсного апатита или минералов, близких к нему (курскита, подолита и других). Наиболее распространенными в природе являются следующие типы фосфоритов:

1. *Желваковые или конкреционные*, которые представляют собой скопления фосфатных конкреций, имеющих обычно размеры от 0,5 до 5см (иногда до 35см). Эти конкреции, располагаются обычно среди песчано-глинистых пород, могут срастаться друг с другом и образовывать сплошную массу, называемую фосфоритовой плитой. Конкреции состоят из кристаллического или аморфного фосфата кальция, цементирующего различные минералы (кварц, марказит, гидроокислы железа и т.д.) и органические остатки. Содержание  $P_2O_5$  в конкреционных фосфоритах составляет от 12 до 35%. Их разрабатывают при минимальной мощности пласта 0,5-1м;

2. *Зернистые фосфориты* состоят из мелких рыхлых стяжений (оолитов) фосфатов, часто сцементированных глинисто-железистым или карбонатным цементом. Разновидностью зернистых фосфоритов являются ракушечниковые фосфориты, которые представляют собой фосфатные песчаники с фосфатизированными раковинами. Содержание  $P_2O_5$  обычно колеблется от 5 до 16%. Минимальная промышленная мощность пласта – 0,3м;

3. *Массивные микрзернистые фосфориты* являются однородными темными породами, похожими на окременелые известняки. Они состоят из мелких зерен фосфатов, сцементированных фосфатно-карбонатным или фосфатно-кременистым цементом. Содержание  $P_2O_5$  высокое 26-28%. Минимальная мощность пластов, пригодных к разработке, составляет 1м.

Найбільше важливе промислове значення з усіх генетичних типів фосфоритних родовищ мають морські осадові родовища. Вони поділяються на геосинклінальні і платформні.

*Родовища геосинклінального типу* відносяться до вузьких витягнутих дислокованих зон. Складчасті пласти фосфоритів перешаровуються з карбонатними чи кременистими породами. Найбільш поширеними є масивні фосфорити, рідше зустрічаються зернисті і жовнові. Родовища цього типу відомі серед кембрійських порід хребта Кара-Тау (Казахстан), на Південному Уралі і Далекому Сході. До них відносяться також родовища Скелястих гір (США) і північно-західної частини Африки (Марокко, Туніс, Алжир).

*Родовища хребта Кара-Тау* витягнуті смугою в 120км при ширині її до 25км (мал.4.5). У районі розвинуті дуже дислоковані осадові породи протерозою і нижнього палеозою, на розмитій поверхні яких залягають відкладення девону, карбону і кайнозою. Породи фосфатнонової серії потужністю 75м відносяться до нижнього кембрію. Вони представляють собою чергування пластів фосфоритів, фосфатизованих кременистих сланців і фосфатно-карбонатних порід. Потужність окремих фосфоритових пластів доходить до 14м, а кількість пластів – до семи. Вміст  $P_2O_5$  складає в середньому 28%, тобто руди мають високу якість. У районі, що має дуже великі запаси фосфоритів, відомо кілька десятків родовищ, з них розробляли родовища Чулактау й Аксай.

*Родовища платформного типу* мають широке площадне поширення і характеризується горизонтальним заляганням одного-двох пластів фосфоритів, що ма-

Наиболее важное промышленное значение из всех генетических типов фосфоритных месторождений имеют морские осадочные месторождения. Они делятся на геосинклиналильные и платформенные.

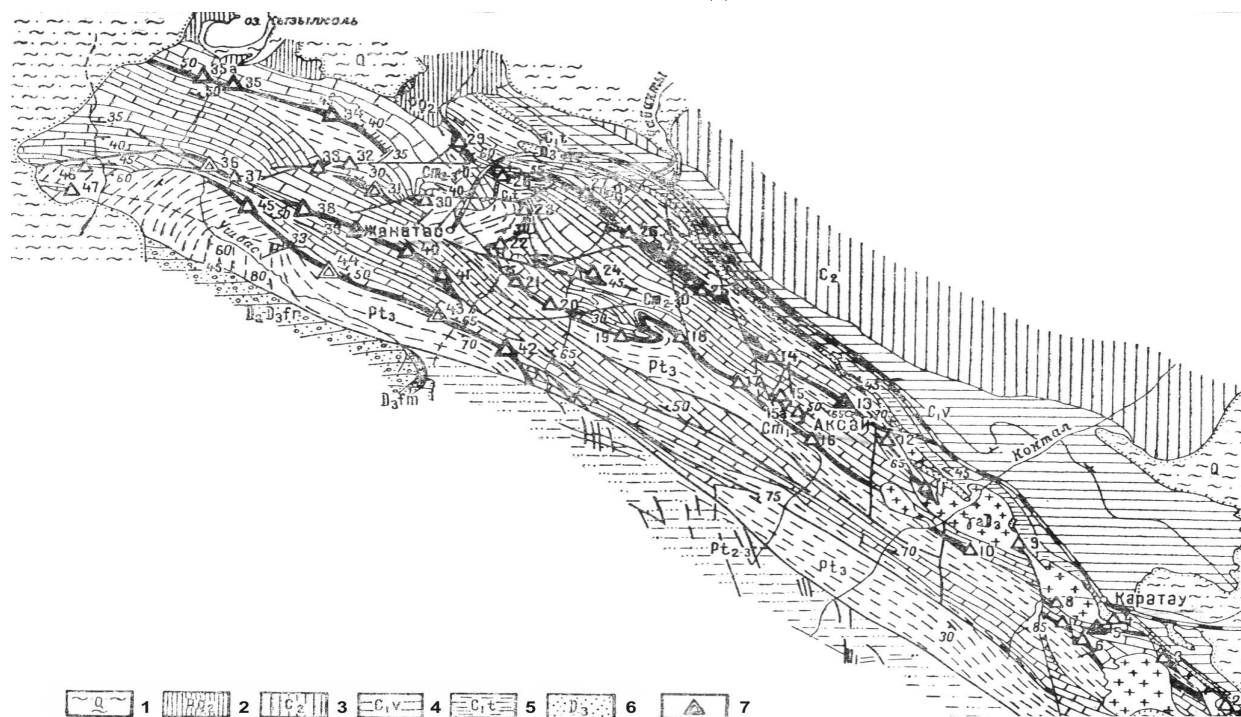
*Месторождения геосинклинального типа* приурочены к узким вытянутым дислоцированным зонам. Складчато залегающие пласты фосфоритов переслаиваются с карбонатными или кременистыми породами. Наибольшим распространением пользуются массивные фосфориты, реже встречаются зернистые и желваковые. Месторождения этого типа известны среди кембрійских пород хребта Кара-Тау (Казахстан), на Южном Урале и Дальнем Востоке. К ним относятся также месторождения Скалистых гор (США) и северо-западной части Африки (Марокко, Тунис, Алжир).

*Месторождения хребта Кара-Тау* вытянуты полосой в 120км при ширине её до 25км (рис.4.5). В районе развиты сильно дислоцированные осадочные породы протерозоя и нижнего палеозоя, на размытой поверхности которых залегают отложения девона, карбона и кайнозою. Породы фосфатнонової серії потужністю 75м относятся к нижнему кембрію. Они представляют собой чередование пластов фосфоритов, фосфатизированных кременистых сланцев и фосфатно-карбонатных пород. Мощность отдельных фосфоритовых пластов доходит до 14м, а количество пластов – до семи. Содержание  $P_2O_5$  составляет в среднем 28%, т.е. руды имеют высокое качество. В районе, обладающем очень крупными запасами фосфоритов, известно несколько десятков месторождений, из них разрабатывали месторождения Чулактау и Аксай.

*Месторождения платформенного типа* имеют широкое площадное распространение и характеризуется горизонтальным залеганием одного-двох пластов

ють невелику потужність (0,5-1м). Вміст  $P_2O_5$  складає від 6 до 16%.

фосфоритов, имеющих небольшую мощность (0,5-1м). Содержание  $P_2O_5$  составляет от 6 до 16%.



Мал. 4.5. Схематична геологічна карта фосфоритових родовищ Кара-Тау (по В.Г. Сагунову, 1967 р.):

1 – четвертинні відкладення: галечники, піски, суглинки, глини; 2 – палеогенові відкладення: глини пісчаністі, карбонатні, піски кварцові, пісчаники; 3 – середній карбон: конгломерати, пісчаники, алевроліти, аргіліти, вапняки; 4 – нижній карбон, візейський ярус: вапняки, мергелі, аргіліти, конгломерати; 5 - нижній карбон, турнейський ярус: вапняки глиністі, кремністі, аргіліти, пісковики; 6 – верхній девон: конгломерати, пісковики аркозові і кварцові, аргіліти; 7 – родовища фосфоритів.

Рис. 4.5. Схематическая геологическая карта фосфоритовых месторождений Кара-Тау (по В.Г. Сагунову, 1967 г.)

1 – четвертичные отложения: галечники, пески, суглинки, глины; 2 – палеогеновые отложения: глины песчаные, карбонатные, пески кварцевые, песчаники; 3 – средний карбон: конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки; 4 – нижний карбон, визейский ярус: известняки, мергели, аргиллиты, конгломераты; 5 – нижний карбон, турнейский ярус: известняки глинистые, кремнистые, аргиллиты, песчаники; 6 – верхний девон: конгломераты, песчаники аркозовые и кварцевые; 7 – месторождения фосфаритов.

Представлені фосфорити переважно конкреційними, рідше черепашковими і масивними різ-новидами. Родовища цього типу зустрічаються як правило серед пісково-глинистих осадових порід різного віку – від протерозою до кайнозою. Вони розвинуті на Східно-Європейській та інших платформах (Підмосковні, Курські, В'ятсько-Камські, а також Донецькі, Подільські та інші родовища України), в Естонії, Ленінградській області, у Північному Казахстані, Красноярському краї і т.д.

Представлены фосфориты обычно конкреционными, реже ракушечниковыми и массивными разновидностями. Месторождения этого типа встречаются обычно среди песчано-глинистых осадочных пород различного возраста – от протерозоя до кайнозоя. Они развиты на Восточно-Европейской и других платформах (Подмосковные, Курские, Вятско-Камские, а также Донецкие, Подольские и другие месторождения Украины), в Эстонии, Ленинградской области, в Северном Казахстане, Красноярском крае и т.д.

### 4.3 Технологічна сировина і будівельні матеріали

4.3.1 Карбонатні породи (вапняки і доломіти)

Вапняком називається осадова гірська порода, що складається головним чином з мінералу кальциту ( $\text{CaCO}_3$ ). Доломіти складаються в основному з мінералу доломіту ( $\text{Ca Mg}[\text{CO}_3]_2$ ). Існують проміжні різновиди - доломитизовані вапняки, що складаються з 50-75% кальциту і 25-50% доломіту. Карбонатні породи із вмістом 25-50% глини і 50-75% кальциту називаються мергелями. Залежно від інших домішок розрізняють кремністі, залізисті, бітумінозні, вуглисті та інші вапняки. Карбонатні породи, особливо вапняки, широко застосовуються в різних галузях народного господарства. Головними їхніми споживачами є металургійна промисловість, де вони використовуються як флюси при виплавці чавуну і хімічна (виробництво соди, карбїду кальцію, вуглекислого газу та інших продуктів). Дуже широко застосовуються карбонатні породи в будівельній промисловості. Тут вони є основною сировиною для виробництва таких в'язких речовин як цемент і вапно; крім цього вони застосовуються як будівельні каміння і баластовий матеріал. У менших кількостях вапняки і доломіти використовуються в скляній, харчовій, паперовій, гумовій, поліграфічній та інших галузях промисловості, а також у сільському господарстві для вапнування кислих ґрунтів.

Основними показниками при визначенні придатності застосування карбонатних порід у тій чи іншій галузі промисловості є їхній склад, а також механічна міцність. Так для виробництва соди на

### 4.3 Технологическое сырье и строительные материалы

4.3.1 Карбонатные породы (известняки и доломиты)

Известняком называется осадочная горная порода, состоящая главным образом из минерала кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ). Доломит состоит в основном из минерала доломита ( $\text{Ca Mg}[\text{CO}_3]_2$ ). Существуют промежуточные разновидности, называемые доломитизированными известняками, состоящими из 50-75% кальцита и 25-50% доломита. Карбонатные породы с содержанием 25-50% глины и 50-75% кальцита называются мергелями. В зависимости от других примесей различают кремнистые, железистые, битуминозные, углистые и другие известняки. Карбонатные породы, особенно известняки, широко применяются в различных отраслях народного хозяйства. Главными их потребителями являются металлургическая промышленность, где они используются в качестве флюсов при выплавке чугуна и химическая (производство соды, карбида кальция, углекислого газа и других продуктов). Очень широко применяются карбонатные породы в строительной промышленности. Здесь они являются основным сырьем для производства таких вяжущих веществ как цемент и известь; кроме этого они применяются как строительные камни и балластный материал. В меньших количествах известняки и доломиты используются в стекольной, пищевой, бумажной, резиновой, полиграфической и других отраслях промышленности, а также в сельском хозяйстве для известкования кислых почв.

Основными показателями при определении пригодности применения карбонатных пород в той или иной отрасли промышленности является их состав, а также механическая

заводі «Донсода» у Донецькому басейні застосовуються вапняки із вмістом  $\text{CaCO}_3$  95-97% і міцністю, що забезпечує можливість випалу їх у шахтних печах висотою до 25м. До вапняків, що застосовуються для виробництва цементу існують інші вимоги. Тут вміст  $\text{CaO}$  повинний бути не менше 43,5%. Якщо вапняк використовується як флюс у металургійній промисловості, то в ньому повинно бути не менше 50%  $\text{CaO}$  і не більше 4%  $\text{SiO}_2$ . Придатність карбонатних порід для інших цілей визначається відповідними держстандартами. Балансові запаси вапняків підраховуються в тому випадку, якщо потужність продуктивної товщі не менше 10м, а максимальна потужність порід розкриву 15м. Мінімальна корисна потужність шарів доломітів повинна бути не менше 1-2м при співвідношенні потужностей порід розкриву і корисної товщі як 1:1 чи 2:1.

Карбонатні породи використовуються у величезних кількостях. Світовий видобуток їх складає близько 2млрд.т щорічно. В Україні в 1999р. було добуто 31млн.т карбонатних порід, у тому числі 20,8млн.т як флюси для металургійної промисловості і 7,3млн.т для виробництва цементу.

За своїм походженням переважна більшість родовищ карбонатних порід є осадовими утвореннями. Серед них виділяють три генетичні групи залежно від характеру нагромадження карбонатної речовини: хімічні, біохімічні і механічні опади. Основним промисловим типом родовищ для вапняків є біохімічні, а для доломітів – хімічні нагромадження. На території України карбонатні породи зустрічаються серед відкладень усіх геологічних епох – від докембрія до кайнозою. Морфологія і розміри покладів кар-

прочність. Так для производства соды на заводе «Донсода» в Донецком бассейне применяются известняки с содержанием  $\text{CaCO}_3$  95-97% и прочностью, обеспечивающей возможность обжига их в шахтных печах высотой до 25м. К известнякам, применяемым для производства цемента иные требования. Здесь содержание  $\text{CaO}$  должно быть не менее 43,5%. Если известняк используется в качестве флюса в металлургической промышленности, то в нем должно быть не менее 50%  $\text{CaO}$  и не более 4%  $\text{SiO}_2$ . Пригодность карбонатных пород для других целей определяется соответствующими ГОСТами. Балансовые запасы известняков подсчитываются в том случае, если мощность продуктивной толщи не менее 10м, а максимальная мощность пород вскрыши 15м. Минимальная полезная мощность пластов доломитов должна быть не менее 1-2м при соотношении мощностей пород вскрыши и полезной толщи как 1:1 или 2:1.

Карбонатные породы используются в громадных количествах. Мировая добыча их составляет около 2млрд.т ежегодно. В Украине в 1999г было добыто 31млн.т карбонатных пород, в том числе 20,8млн.т в качестве флюсов для металлургической промышленности и 7,3млн.т для производства цемента.

По своему происхождению подавляющее большинство месторождений карбонатных пород являются осадочными образованиями. Среди них выделяют три генетические группы в зависимости от характера накопления карбонатного вещества: химические, биохимические и механические осадки. Основным промышленным типом месторождений для известняков являются биохимические, а для доломитов – химические накопления. На территории Украины карбонатные породы встречаются среди отложений всех геологических эпох – от докембрія до кайнозою. Морфологія і

бонатних порід бувають різними, найбільше часто зустрічаються пластові родовища. У цілому ряді випадків їхня потужність досягає декількох сотень метрів і просліджуються вони на десятки кілометрів. Найбільш великі і цінні родовища карбонатної сировини в Україні розробляються в Донецькому басейні (Єленовське, Стыльське, Ново-Троїцьке, Каракубське, Амвросивське родовища) і в Криму, також карбонатні породи відомі на Уралі, у Казахстані, Середній Азії, Сибіру, Далекому Сході, Кавказі та ін.

#### 4.3.2 Плавиковий шпат

Плавиковий шпат чи флюорит являє собою фтористий кальцій  $\text{CaF}_2$ , що складається з 51,2% Ca і 48,8% F. Характерною його особливістю є різне забарвлення, як правило переважає фіолетовий, блакитний, зелений колір. Плавиковий шпат відносно легко плавиться і знижує температуру плавлення інших мінеральних речовин, тому він знаходить широке застосування в металургійній промисловості при виплавці спеціальних сталей і феросплавів, для одержання глинозему і металевого алюмінію. Усе більшу кількість флюориту споживає хімічна промисловість для виробництва плавикової кислоти, фтору і його сполук, що застосовуються в ядерній техніці і як високооктанове паливо. Фтористі сполуки застосовуються також в електротехніці, для виробництва фарб, у холодильній справі, кольоровій фотографії, як антисептик для обробки дерева та інш. Прозорі великі кристали флюориту служать для виготовлення лінз оптичних приладів. Споживання плавикового шпату росте у всіх промислово розвинутих країнах. У 1989 році світовий його видобуток досяг реко-

размери залежей карбонатних порід бувають різними, найбільше часто зустрічаються пластові родовища. В цілому ряді випадків їхня потужність досягає декількох сотень метрів і просліджуються вони на десятки кілометрів. Найбільш великі і цінні родовища карбонатного сировини в Україні розробляються в Донецькому басейні (Єленовське, Стыльське, Ново-Троїцьке, Каракубське, Амвросієвське родовища) і в Криму, також карбонатні породи відомі на Уралі, в Казахстані, Середній Азії, Сибіру, Дальньому Сході, Кавказі та ін.

#### 4.3.2 Плавиковый шпат

Плавиковый шпат или флюорит представляет собой фтористый кальций  $\text{CaF}_2$ , состоящий из 51,2%, Ca и 48,8% F. Характерной его особенностью является различная окраска, обычно преобладает фиолетовый, голубой, зеленый цвет. Плавиковый шпат относительно легко плавится и понижает температуру плавления других минеральных веществ, поэтому он находит себе широкое применение в металлургической промышленности при выплавке специальных сталей и ферросплавов, для получения глинозема и металлического алюминия. Все большее количество флюорита потребляет химическая промышленность для производства плавиковой кислоты, фтора и его соединений, применяющихся в ядерной технике и в качестве высокооктанового топлива. Фтористые соединения применяются также в электротехнике, для производства красок, в холодильном деле, цветной фотографии, в качестве антисептика для пропитки дерева и т.д. Прозрачные крупные кристаллы флюорита служат для изготовления линз оптических приборов. Потребление плавикового шпата растет во всех промышленно развитых странах. В 1989 году миро-

рдної величини – 5,48млн.т, знизившись наприкінці ХХст. до 4,3млн.т. Головними постачальниками флюориту є країни Середнього і Далекого Сходу (2,35млн.т), Європи (0,79), Мексики (0,6млн.т), Африки (0,44), а споживачем - США. Світові запаси флюоритових руд із вмістом більше 35%  $\text{CaF}_2$  до кінця ХХст. склали близько 300млн.т. Ціна 1т флюоритового концентрату (97% флюориту) дорівнювала 135 доларам за 1т в 2004р.

Великі запаси плавикового шпату зосереджені в країнах СНД: Росії, Україні, Середній Азії і Казахстані.

Залежно від масштабів усі родовища флюориту поділяють на дуже великі (розвідані запаси більше 2млн.т), великі (0,5-2млн.т), середні (0,1-0,5млн.т) і дрібні – із запасами менше 100тис.тонн. Найбільше високі вимоги до руд висувають хімічна і металургійна промисловість. Для виробництва плавикової кислоти і фтористих солей застосовуються збагачені руди чи концентрати із вмістом  $\text{CaF}_2$  92-95%. У чорній металургії використовуються руди із вмістом 75-92%  $\text{CaF}_2$ . Руди із вмістом 30-35%  $\text{CaF}_2$  без збагачення вживаються тільки у виробництві цементу.

Промислові родовища флюориту утворюються як правило внаслідок гідротермальних процесів – середньо- і низькотемпературних. Форма рудних тіл залежить від характеру порід і їхньої тріщинуватості, тому вона може бути найрізноманітнішою. Іноді підвищені концентрації флюориту зустрічаються в грейзенах і в гранітних пегматитах (оптичний флюорит), а також в осадових породах (пісковиках, вапняках), де флюорит представлений землистим його різновидом – ратовкітом, генезис якого не зовсім ясний.

воя его добыча достигла рекордной величины – 5,48млн.т, снизившись в конце ХХв до 4,3млн.т. Главными поставщиками флюорита являются страны Среднего и Дальнего Востока (2,35млн.т), Европы (0,79), Мексики (0,6млн.т), Африки (0,44), а потребителем США. Мировые запасы флюоритовых руд с содержанием более 35%  $\text{CaF}_2$  к концу ХХв составили около 300млн.т. Цена 1т флюоритового концентрата (97% флюорита) равнялась 135 долларам за 1т в 2004г.

Большие запасы плавикового шпата сосредоточены в странах СНГ: России, Украине, Средней Азии и Казахстане.

В зависимости от масштабов все месторождения флюорита делят на весьма крупные (разведанные запасы более 2млн.т), крупные (0,5-2млн.т), средние (0,1-0,5млн.т) и мелкие – с запасами менее 100тис.тонн. Наиболее высокие требования к рудам предъявляют химическая и металлургическая промышленности. Для производства плавиковой кислоты и фтористых солей применяются обогащенные руды или концентраты с содержанием  $\text{CaF}_2$  92-95%. В черной металлургии используются руды с содержанием 75-92%  $\text{CaF}_2$ . Руды с содержанием 30-35%  $\text{CaF}_2$  без обогащения употребляются только в производстве цемента.

Промышленные месторождения флюорита образуются обычно в результате гидротермальных процессов – средне- и низькотемпературных. Форма рудных тел зависит от характера вмещающих пород и их трещиноватости, поэтому она может быть самой разнообразной. Иногда повышенные концентрации флюорита встречаются в грейзенах и в гранитных пегматитах (оптический флюорит), а также в осадочных породах (песчаниках, известняках), где флюорит представлен землистой его разновидностью – ратовкітом, генезис которого не совсем ясен.

*Покрово-Киреевське родовище* флюориту на півдні Донецької області є одним найбільше вивченим промисловим родовищем Європейської частини СНД. Родовище розташоване в зоні зчленування Приазовського кристалічного масиву із складчастими структурами Донецького басейну. Район родовища інтенсивно дислокований і має складну горстограбову будову з незначними проявами пликативних структур. У геологічній будові родовища беруть участь породи трьох геолого-структурних ярусів. Нижній з них складений докембрійськими кристалічними утвореннями, середній – осадоно-вулканогенними девонськими і нижньокам'яновугільними породами і верхній – мезо-кайнозойськими осадками. Поклади флюориту відносяться до середнього ярусу. Палеозойські породи збереглися лише в опущених блоках, а на піднятих ділянках під мезо-кайнозойськими осадками залягають докембрійські утворення. На родовищі є три основних рудних тіла: Головне, у якому зосереджене близько 95% усіх запасів, північне і південне. Залягає Головне рудне тіло на глибині 80-120м і являє собою складний лінзоподібний поклад із середніми розмірами 250м x 120м і середньою потужністю близько 40м, що падає під кутом 25-30° (мал.4.6). Рудні тіла відносяться до вапняків нижнього карбону (турнейський ярус) і дайковим породам середнього складу (кератофірам), що залягають серед вапняків. Відповідно до цього виділяється два типи руд: карбонатно-флюоритовий, що виник внаслідок заміщення (нерідко майже повного) вапняків флюоритом і карбонатно-польовошпатово-флюоритовий, що утворився внаслідок інтенсивної флюоритизації кератофірів і цементації їхніх уламків флю-

*Покрово-Киреевское месторождение* флюорита на юге Донецкой области, является единственным наиболее изученным промышленным месторождением Европейской части СНГ. Месторождение расположено в зоне сочленения Приазовского кристаллического массива со складчатыми структурами Донецкого бассейна. Район месторождения интенсивно дислоцирован и имеет сложное горстограбовое строение с незначительными проявлениями пликативных структур. В геологическом строении месторождения принимают участие породы трех геолого-структурных ярусов. Нижний из них сложен докембрийскими кристаллическими образованиями, средний – осадоно-вулканогенными девонскими и нижнекаменноугольными породами и верхний – мезо-кайнозойскими осадками. Залежи флюорита приурочены к среднему ярусу. Палеозойские породы сохранились лишь в опущенных блоках, а на приподнятых участках под мезокайнозойскими осадками залегают докембрийские образования. На месторождении имеется три основных рудных тела: Главное, в котором сосредоточено около 95% всех запасов, северное и южное. Залегают Главное рудное тело на глубине 80-120м. оно представляет собой сложную линзообразную залежь со средними размерами 250м x 120м и средней мощностью около 40м, падающую под углом 25-30° (рис.4.6). Рудные тела приурочены к известнякам нижнего карбона (турнейский ярус) и дайковым породам среднего состава (кератофирам), залегающим среди известняков. В соответствии с этим выделяется два типа руд: карбонатно-флюоритовый, возникший в результате замещения (нередко почти полного) известняков флюоритом и карбонатно-полевошпатово-флюоритовый, образовавшийся в результате интенсивной флюоритизации кератофинов и це-

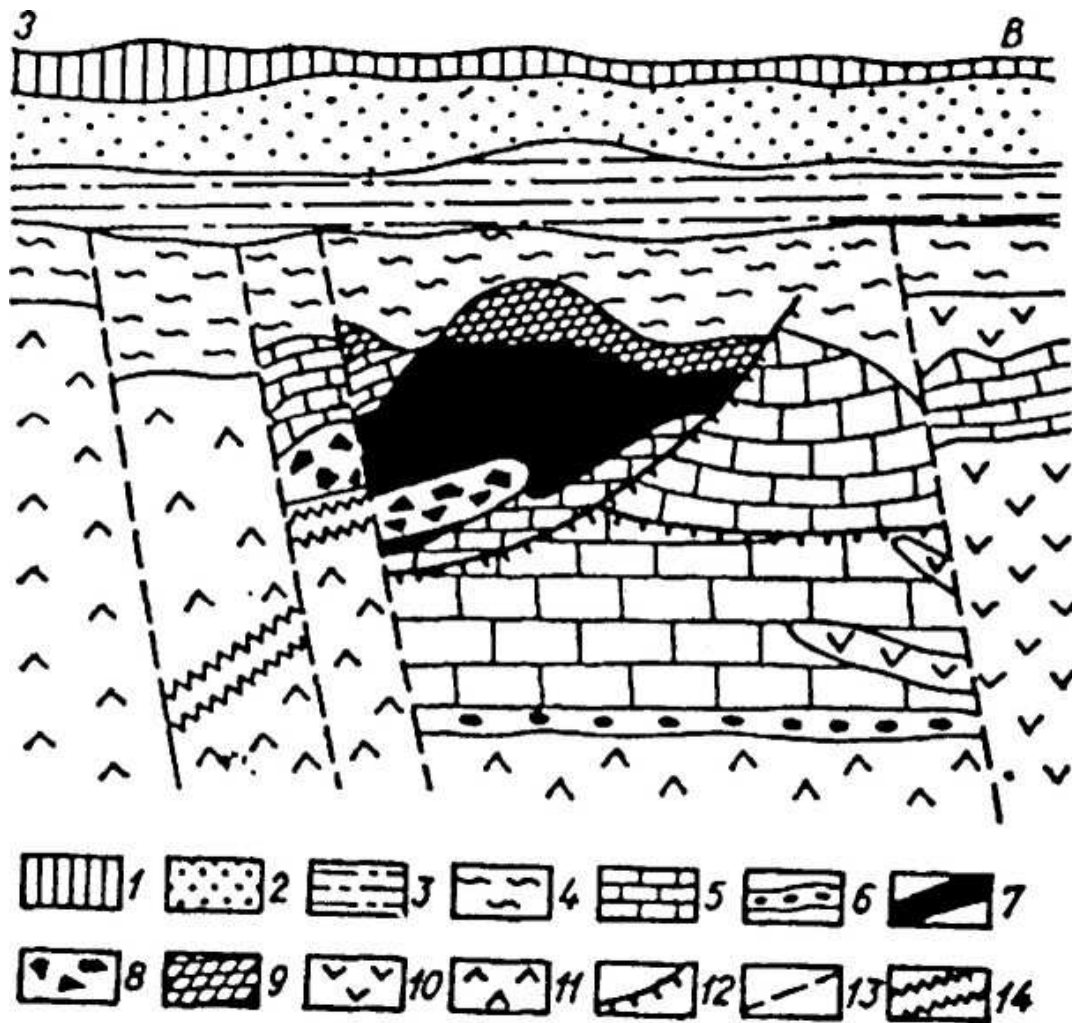


оритом. У місцях виходу на домезозойську поверхню рудний поклад піддавався інтенсивному древньому вивітрюванню. Мінералогічний склад родовища досить простий. Головними мінералами є флюорит, кварц, пірит. Зрідка зустрічаються галеніт, сфалерит, халькопірит, барит, нефелін, а також кіновар. Флюорит як правило дрібнокристалічний, він як би «просочує» породу, утворюючи іноді в прожилках більше грубозернисті кальцит-флюоритові агрегати. Руди родовища відрізняються високою якістю. Вміст  $\text{CaF}_2$  у карбонатно-флюоритових рудах доходить до 90-95%. Менш багаті карбонатно-польовошпатово-флюоритові руди містять у середньому 45-50%  $\text{CaF}_2$ . Особливо високою якістю відрізняються дезинтегровані карбонатно-флюоритові руди, природно збагачені внаслідок древнього вивітрювання головного рудного тіла. За своїми масштабами родовище відноситься до розряду дуже великих, маючи запаси руди 2,2млн.т (1,4млн.т  $\text{CaF}_2$ ) і завдяки вигідному географічному положенню може мати важливе економічне значення.

В Україні є можливість приросту запасів за рахунок розвіданого Бахтинського родовища у Вінницькій області. Сумарні запаси руди складають 9,8млн.т по категорії  $C_2$ , а прогнозовані ресурси ( $P_3$ ) – 31млн.т при вмісті  $\text{CaF}_2$  21%. Після збагачення виходить флюоритовий концентрат високої якості. Річна потреба України у флюоритовому концентраті складає близько 150тис.т, у тому числі для металургії близько 110-120тис.т. Цей концентрат на 20% завозиться з Росії, інше – із КНР й інших країн Південно-Східної Азії.

ментации их обломков флюоритом. В местах выхода на домезозойскую поверхность рудная залежь подвергалась интенсивному древнему выветриванию. Минералогический состав месторождения довольно простой. Главными минералами являются флюорит, кварц, пирит. Изредка встречаются галенит, сфалерит, халькопирит, барит, нефелин, а также киноварь. Флюорит обычно мелкокристаллический, он как бы «пропитывает» породу, образуя иногда в прожилках более крупнозернистые кальцит-флюоритовые агрегаты. Руды месторождения отличаются высоким качеством. Содержание  $\text{CaF}_2$  в карбонатно-флюоритовых рудах доходит до 90-95%. Менее богатые карбонатно-полевошпато-флюоритовые руды содержат в среднем 45-50%  $\text{CaF}_2$ . Особенно высоким качеством отличаются дезинтегрированные карбонатно-флюоритовые руды, естественно обогащенные в результате древнего выветривания главного рудного тела. По своим масштабам месторождение относится к разряду весьма крупных, имея запасы руды 2,2млн.т (1,4млн.т  $\text{CaF}_2$ ) и благодаря выгодному географическому положению может иметь важное экономическое значение.

В Украине имеется возможность прироста запасов за счет разведанного Бахтинского месторождения в Винницкой области. Суммарные запасы руды составляют 9,8млн.т по категории  $C_2$ , а прогнозные ресурсы ( $P_3$ ) – 31млн.т при содержании  $\text{CaF}_2$  21%. После обогащения получается флюоритовый концентрат высокого качества. Годовая потребность Украины в флюоритовом концентрате составляет около 150тис.т, в том числе для металлургии около 110-120тис.т. Этот концентрат на 20% завозится из России, остальное – из КНР и других стран Юго-Восточной Азии.



Мал. 4.6. Геологічний розріз Покрово-Киреевського родовища (по А.І. Зарицькому):  
 1 - четвертинні суглинки і глини; 2 - неогенові піски; 3 - верхньокрейдяні мергелисті пісковики;  
 4 - нижньокрейдяні глини; 5 - нижньокам'яновугільні вапняки; 6 - кварцитовидні пісковики;  
 7 - флюорит-карбонатна руда; 8 - флюорит-карбонатно-польовошпатова руда;  
 9 - зона древнього вивітрювання флюоритових руд; 10 - андезити; 11 - кератофіри;  
 12 - надвиги; 13 - скиди; 14 - зони прожилкової мінералізації.

Рис. 4.6. Геологический разрез Покрово-Киреевского месторождения (по А.И.Зарицкому):  
 1 – четвертичные суглинки и глины; 2 – неогеновые пески; 3 – верхнемеловые мергелистые песчаники; 4 – нижнемеловые глины; 5 – нижнекаменноугольные известняки; 6 – кварцито-видные песчаники; 7 – флюорит-карбонатная руда; 8 – флюорит-карбонатно-полевошпатовая руда;  
 9 – зона древнего выветривания флюоритовых руд; 10 – андезиты; 11 – кератофиры;  
 12 – надвиги; 13 – сбросы; 14 – зоны прожилковой минерализации.

#### 4.3.3 Будівельні матеріали

Будівельні матеріали бувають природні, що застосовуються в природному вигляді або походять з різних гірських порід внаслідок їхньої механічної обробки, і штучні, одержувані з гірських порід шляхом термічної обробки. Як природні будівельні матеріали широко використовуються різні вивержені, метаморфічні й

#### 4.3.3 Строительные материалы

Строительные материалы бывают естественные, которые применяются в естественном виде или получают из различных горных пород в результате их механической обработки, и искусственные, получаемые из горных пород путем термической обработки. В качестве естественных строительных материалов широко используются

осадові породи. Головними фізико-механічними показниками, що визначають практичну цінність цих порід, є механічна міцність, щільність, об'ємна маса, в'язкість, морозостійкість, водопоглинення, розм'якшувальність, твердість, колір, здатність поліруватися та ін. Найбільш часто використовуються в будівництві різні магматичні породи: граніти, базальти, габро, андезити і т.д. З них одержують облицювальні, штучні і бутові камені, щебінь, брусчатку.

*Лицювальні і штучні каміння* мають визначену форму і розміри. Їх використовують для облицювання будинків, набережних, у вигляді плит різного призначення і т.д. Слід зазначити високу цінність такого декоративного облицювального матеріалу як лабрадорит, що володіє красивою іризациєю. Бутові камені використовуються при кладці фундаменту, стін нежилых приміщень, підвалин мостів та інших споруджень. Вони мають вигляд кутастих шматків із середнім розміром 20-30см у поперечнику. *Брусчатка*, що застосовується при вимощенні доріг, має визначену форму і розміри і грубо оброблена з одного боку.

*Щебінь* – кутасті невеликі шматки породи, одержувані при її дробленні, також широко використовується в будівництві (наповнювач для бетону, баластовий матеріал і т.д.). Найбільше великі родовища вивержених порід, використовуваних як природні будівельні матеріали, розташовані в Україні, Карелії, Уралі, Кавказі та ін.

Серед метаморфічних гірських порід, що застосовуються як природні будівельні матеріали, слід назвати мармури і кварцити. *Мармур* має різне фарбування і добре полірується, разом з тим у нього висока міцність при стискуванні (від 1000

различные изверженные, метаморфические и осадочные породы. Главными физико-механическими показателями, определяющими практическую ценность этих пород, являются механическая прочность, плотность, объемная масса, вязкость, морозостойкость, водопоглощение, размягчаемость, твердость, цвет, способность полироваться и др. Наиболее часто используются в строительстве различные магматические породы: граниты, базальты, габбро, андезиты и т.д. Из них получают облицовочные, штучные и бутовые камни, щебень, брусчатку.

*Облицовочные и штучные камни* имеют определенную форму и размеры. Их используют для облицовки зданий, набережных, в виде плит различного назначения и т.д. Следует отметить высокую ценность такого декоративного облицовочного материала как лабрадорит, который обладает красивой иризацией. Бутовые камни используются при кладке фундамента, стен нежилых помещений, устоев мостов и других сооружений. Они имеют вид угловатых кусков со средним размером 20-30см в поперечнике. *Брусчатка*, применяющаяся при мощении дорог, имеет определенную форму и размеры и грубо обработана с одной стороны.

*Щебень* – угловатые небольшие куски породы, получаемые при её дроблении, также широко используется в строительстве (наполнитель для бетона, балластный материал и т.д.). Наиболее крупные месторождения изверженных пород, используемых в качестве естественных строительных материалов, расположены в Украине, Карелии, Урале, Кавказе и других местах.

Среди метаморфических горных пород, применяющихся в качестве естественных строительных материалов, следует отметить мраморы и кварциты. *Мрамор* обладает различной окраской и хорошо полируется, вместе с тем у него высокая прочность при

до 3000кг/см<sup>2</sup>), тому він широко застосовується для обробки будинків, спорудження пам'ятників, станцій метрополитенів і т.д. У СНД є численні родовища мрамурів високої якості (Крим, Кавказ, Урал, Середня Азія, Далекий Схід і т.д.).

*Кварцити* дуже міцні і тверді, тому їх застосовують при зведенні головних конструкцій будинків і споруджень. Особливо цінними є малиново-червоні кварцити Шокшинського родовища в Карелії, з них виготовлена гробниця Наполеона, вони використані при спорудженні Мавзолею В.І. Леніна. Крім цього кварцити застосовуються для виготовлення вогнетривких і кислототривких виробів. Найбільша кількість кварцитів використовується у виробництві динасу – вогнетривкої цегли, здатної витримати температуру більше 1700°. Ця цегла широко застосовується в металургійній промисловості. Найбільше великі родовища кварцитів відомі на Уралі, у Донбасі, Кузбасі, Карелії та ін.

*З осадових гірських порід* як природні будівельні матеріали використовуються вапняки, вапняки-черепашники, гравійно-піскові породи, пісковики. Внаслідок відносно простого способу обробки і широкого поширення вапняків, їх застосовують у будівництві частіше від інших порід. Виготовляють бутовий камінь, плити, фасонні деталі для зовнішнього облицювання будинків, а вапняний щебінь використовують у дорожньому будівництві і як заповнювач для бетону. Вапняки-черепашники мають невелику об'ємну вагу, малу теплопровідність і добре розпилюються на блоки. Разом з тим вони досить міцні і тому часто застосовуються в будівництві, особливо на узбережжях Азовського, Чорного і Каспійського морів.

(от 1000 до 3000кг/см<sup>2</sup>), поэтому он широко применяется для отделки зданий, сооружения памятников, станций метрополитенов и т.д. В СНГ имеются многочисленные месторождения мраморов высокого качества (Крым, Кавказ, Урал, Средняя Азия, Дальний Восток и т.д.).

*Кварциты* очень прочны и тверды, поэтому их применяют при возведении ответственных конструкций зданий и сооружений. Особо ценными являются малиново-красные кварциты Шокшинского месторождения в Карелии, из них изготовлена гробница Наполеона, они использованы при сооружении Мавзолея В.И.Ленина. Кроме этого кварциты применяются для изготовления огнеупорных и кислотоупорных изделий. Наибольшее количество кварцитов используется в производстве динаса – огнеупорного кирпича, способного выдержать температуру более 1700°. Этот кирпич широко применяется в металлургической промышленности. Наиболее крупные месторождения кварцитов известны на Урале, в Донбассе, Кузбассе, Карелии и других местах.

*Из осадочных горных пород* в качестве естественных строительных материалов используются известняки, известняки-ракушечники, гравийно-песчаные породы, песчаники. Вследствие относительно простого способа обработки и широкого распространения известняков, их применяют в строительстве чаще других пород. Изготавливают бутовый камень, плиты, фасонные детали для наружной облицовки зданий, а известковый щебень используют в дорожном строительстве и как заполнитель для бетона. Известняки-ракушечники имеют небольшой объемный вес, малую теплопроводность и хорошо распиливаются на блоки. Вместе с тем они достаточно прочны и поэтому часто применяются в строитель-

*Гравій і пісок* широко застосовують у різних галузях будівництва. Вони використовуються як наповнювач бетону, при будівництві шосейних доріг і залізниць, для виготовлення силікатної цегли та інших керамічних виробів, як формувальний матеріал і т.д. Вимоги до якості піску і гравію, так само як і до інших будівельних матеріалів, визначаються відповідними Держстандартами, технічними умовами чи кондиціями. Гравійно-піскові родовища залягають як правило у вигляді лінз чи пластів, що відносяться до третинних, чи сучасних пухких відкладень. Ці родовища поширені майже повсюди на території України та інших країн, але великі об'єкти високоякісної сировини зустрічаються відносно рідко. Як правило для пісково-гравійних родовищ характерний високий ступінь мінливості покладів як по потужності і будові, так і гранулометричному складу.

*Пісковики* мають різну міцність (до  $1000\text{кг}/\text{см}^2$ ), об'ємну вагу і теплопровідність, тому їх в основному використовують при кладці фундаменту, стін будинків, як бутовий камінь і т.д. Їх поклади у вигляді пластів відомі в Україні, Росії й ін. Добуток різних видів будівельного каменю безупинно зростає і складає у всьому світі більш ніж  $3\text{млрд.}/\text{м}^3$  у рік (з урахуванням піску і гравію). Приблизно 45-50% каменю, що добувається, складають магматичні породи, 35-40% осадові і 5-10% метаморфічні породи.

*Штучні будівельні матеріали* виготовляються головним чином із глинистих, карбонатних і сульфатних (гіпс, ангидрит) порід. З них роблять вогнетриви, що вяжуть речовини, скло, кераміку, силікатну цеглу і т.д.

Серед глинистих порід найбільшим попитом користуються глини внаслідок

стве, особливо на побережжях Азовського, Чорного і Каспійського морей.

*Гравій и песок* широко применяют в различных отраслях строительства. Они используются как наполнитель бетона, при строительстве шоссе и железных дорог, для изготовления силикатного кирпича и других керамических изделий, в качестве формовочного материала и т.д. Требования к качеству песка и гравия, так же как и к остальным строительным материалам, определяются соответствующими ГОСТами, техническими условиями или кондициями. Гравийно-песчаные месторождения залегают обычно в виде линз или пластов, приуроченных к третичным или современным рыхлым отложениям. Эти месторождения распространены почти повсеместно на территории Украины и других стран, но крупные объекты высококачественного сырья встречаются относительно редко. Обычно для песчано-гравийных месторождений характерна высокая степень изменчивости залежей как по мощности и строению, так и гранулометрическому составу.

*Песчаники* имеют различную прочность (до  $1000\text{кг}/\text{см}^2$ ), объемный вес и теплопроводность, поэтому их в основном используют при кладке фундамента, стен зданий, в качестве бутового камня и т.д. Их залежи в виде пластов известны в Украине, России других местах. Добыча различных видов строительного камня непрерывно растет и составляет во всем мире более  $3\text{млрд.}/\text{м}^3$  в год (с учетом песка и гравия). Примерно 45-50% добываемого камня составляют магматические породы, 35-40% осадочные и 5-10% метаморфические породы.

*Искусственные строительные материалы* изготавливаются главным образом из глинистых, карбонатных и сульфатных (гипс, ангидрит) пород. Из них делают огнеупоры, вяжущие вещества, стекло, кера-

їхньої здатності утворювати з водою пластичну масу, що здобуває після випалу твердість каменю. Вироби з глини, тобто кераміка (keramos – глина, греч.) з'явилися, ще в неоліті, тобто за 8-5 тис. років до н.е. Значним поширенням у природі користуються легкоплавкі глини (їхня температура плавлення нижче 1350°C), з них виготовляють судини, цеглини і будівельну кераміку. Зустрічаються ці глини майже повсюдно і запаси їх практично необмежені. Значно рідше наявні тугоплавкі (з температурою плавлення 1350-1580°), і особливо, вогнетривкі глини (температура плавлення понад 1580°). Це важлива властивість глин залежить від їхнього мінерального складу. Якщо легкоплавкі і тугоплавкі глини мають полімінеральний склад, то вогнетривкі складаються на 80-90% з мінералу каолініту. Мономінеральні глинисті породи мають велику промислову цінність. Їх родовища мають екзогенне походження і звичайне поділяються на залишкові (первинні) і осадові (вторинні).

Залишкові елювіальні глини утворюються внаслідок хімічного вивітрювання різних польовошпатових порід. Представлені ці родовища як правило каолінами – білими глинами, що складаються в основному з мінералу каолініту. Каолін використовується у виробництві порцеляну і фаянсу, а також у паперовій промисловості та інших виробництвах. Споживання каоліну, особливо збагаченого, швидко росте: якщо в 1975р. воно склало близько 16млн.т, то в 2000р. – 41,7млн.т. Головними виробниками каоліну є США (9,0млн.т), Узбекистан (5,5), Чехія (5,0), Англія (2,2), П.Корея (1,9). В Україні в 2000р. видобуто 2,2млн.т каоліну. У цих країнах розташовані головні родовища високоякісних каолінів. Крім цього родовища каоліну є також у ФРН, КНР, Бра-

мику, силикатний кирпич и т.д.

Среди глинистых пород наибольшим спросом пользуются глины вследствие их способности образовывать с водой пластичную массу, приобретающую после обжига твердость камня. Изделия из глины, т.е. керамика (keramos – глина, греч.) появились, еще в неолите, т.е. за 8-5 тыс. лет до н.э. Широким распространением в природе пользуются легкоплавкие глины (их температура плавления ниже 1350°), из них изготавливают сосуды, кирпичи и строительную керамику. Встречаются эти глины почти повсеместно и запасы их практически неограниченны. Значительно реже обнаруживаются тугоплавкие (с температурой плавления 1350-1580°), и особенно, огнеупорные глины (температура плавления свыше 1580°). Это важное свойство глин зависит от их минерального состава. Если легкоплавкие и тугоплавкие глины имеют полиминеральный состав, то огнеупорные состоят на 80-90% из минерала каолинита. Мономинеральные глинистые породы имеют большую промышленную ценность. Их месторождения имеют экзогенное происхождение и обычно делятся на остаточные (первичные) и осадочные (вторичные).

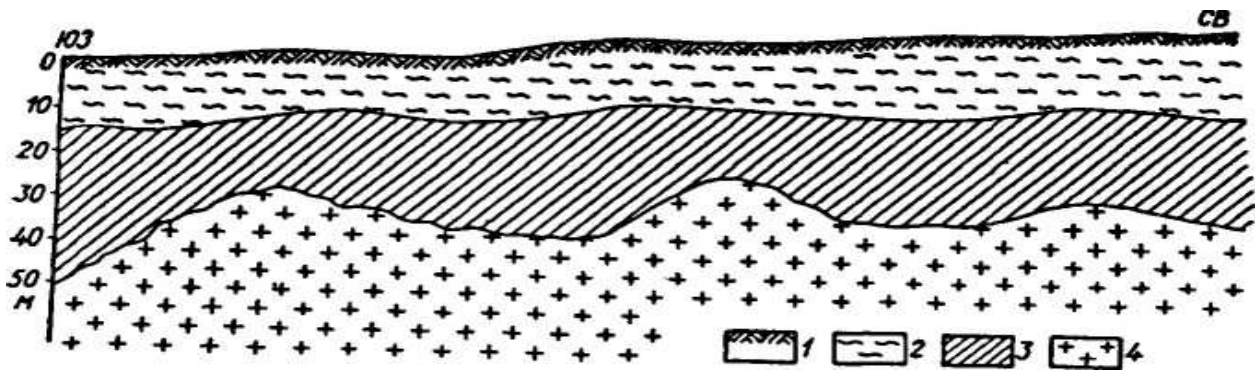
Остаточные элювиальные глины образуются в результате химического выветривания различных полевошпатовых пород. Представлены эти месторождения обычно каолинами – белыми глинами, состоящими в основном из минерала каолинита. Каолин используется в производстве фарфора и фаянса, а также в бумажной промышленности и других производствах. Потребление каолина, особенно обогащенного, быстро растет: если в 1975г оно составило около 16млн.т, то в 2000г – 41,7млн.т. Главными производителями каолина являются США (9млн.т), Узбекистан (5,5), Чехия (5,0), Англия (2,2), Ю.Корея (1,9). В Украине в 2000г

зилії, Канаді, Японії та інших країнах. Ціни 1т каоліну залежать від його чистоти і склалися від 40 до 190 доларів у 2004р. Прикладом родовищ первинного каоліну може служити Просяновське родовище (Україна).

*Просяновське родовище каоліну* знаходиться в Дніпропетровській області поблизу залізничної станції Просяна і складається з 12 роз'єднаних покладів загальною площею близько 25км<sup>2</sup>. Це родовище є найбільшим в Україні й одним із самих великих у світі, володіючи запасами каоліну понад 250млн.т. Окремі поклади каоліну Просяновського родовища мають неправильну форму, що багато в чому залежить від складу і поширення материнських порід, внаслідок глибокого їх хімічного вивітрювання. Ці породи представлені докембрійськими граніто-гнейсами, мігматитами, аплітами і пегматитами. Потужність пластоподібних покладів каоліну, що поступово донизу переходять у корінні породи, непостійна і складає в середньому 17-18м; на окремих ділянках вона досягає 45-50м (мал.4.7). Зверху каолін покритий червоно-бурими четвертинними глинами і суглинками потужністю до 30м. Головною складовою частиною каоліну є мінерал каолінит (більше 90% усієї маси породи), у вигляді домішок зустрічаються кварц, польовий шпат, мусковіт. Якість каоліну висока, це родовище є основним постачальником сировини для тонкої кераміки і паперової промисловості.

произведено 2,2млн.т каолина. В этих странах расположены главные месторождения высококачественных каолинов. Кроме этого месторождения каолина имеются также в ФРГ, КНР, Бразилии, Канаде, Японии и других странах. Цены 1т каолина зависят от его чистоты и составляли от 40 до 190 долларов в 2004г. Примером месторождений первичного каолина может служить Просяновское месторождение (Украина).

*Просяновское месторождение каолина* находится в Днепропетровской области вблизи железнодорожной станции Просяная и состоит из 12 разобценных залежей общей площадью около 25км<sup>2</sup>. Это месторождение является крупнейшим в Украине и одним из самых крупных в мире, обладая запасами каолина свыше 250млн.т. Отдельные залежи каолина Просяновского месторождения имеют неправильную форму, что во многом зависит от состава и распространения материнских пород, в результате глубокого химического выветривания которых образовался каолин. Эти породы представлены докембрійськими граніто-гнейсами, мигматитами, аплітами и пегматитами. Мощность пластообразных залежей каолина, которые постепенно книзу переходят в коренные породы, непостоянна и составляет в среднем 17-18м; на отдельных участках она достигает 45-50м (рис.4.7).Сверху каолин покрыт красно-бурими четвертичными глинами и суглинками мощностью до 30м. Главной составной частью каолина является минерал каолинит (более 90% всей массы породы), в виде примесей встречаются кварц, полевой шпат, мусковит. Качество каолина высокое, это месторождение является основным поставщиком сырья для тонкой керамики и бумажной промышленности.



Мал. 4.7. Геологічний розріз Присяновського родовища  
(за матеріалами Донецько-Присяновської ГРП):

1 - ґрунтово-рослинний прошарок; 2 - глини; 3 - поклад каоліну; 4 - докембрійські кристалічні породи.

Рис. 4.7. Геологический разрез Присяновского месторождения  
(по материалам Донецко-Присяновской ГРП):

1 – почвенно-растительный слой; 2 – глины; 3 – залежь каолина;  
4 – докембрийские кристаллические породы.

*Осадкові родовища* глин утворюються внаслідок перемиву і перевідкладення матеріалу первинних (елювіальних) родовищ. Родовища глин цього типу бувають морські і континентальні. Вогнетривкі глини серед морських глинистих відкладень не зустрічаються, як правило вони відносяться до континентальних лагунно-озерних відкладень. Глини тут залягають у вигляді пластоподібних тіл чи великих лінз, що поширюються на площі в десятки і сотні гектарів, потужність їх досягає 10 і більше метрів, якість глин висока. До цього типу відносяться такі найбільші родовища вогнетривких глин, як Часов-Ярське і Дружковське в Донбасі (72% запасів вогнетривкої сировини України), Латнинське у Воронежській області, а також деякі родовища Підмосковного басейну, Уралу, Кавказу, Середньої Азії та ін.

*Часов-Ярське родовище* вогнетривких глин має кращу у світі сировину для виробництва шамоту, кислототривких виробів, порцеляни, фаянсу й іншої кераміки. У ряді виробництв добавки пластичних і зв'язуючих глин Часу-Яру незамінні, і тому вони експортуються в Росію, Англію та інші країни. Родовище, що розробляється з 1867 року, знаходиться в

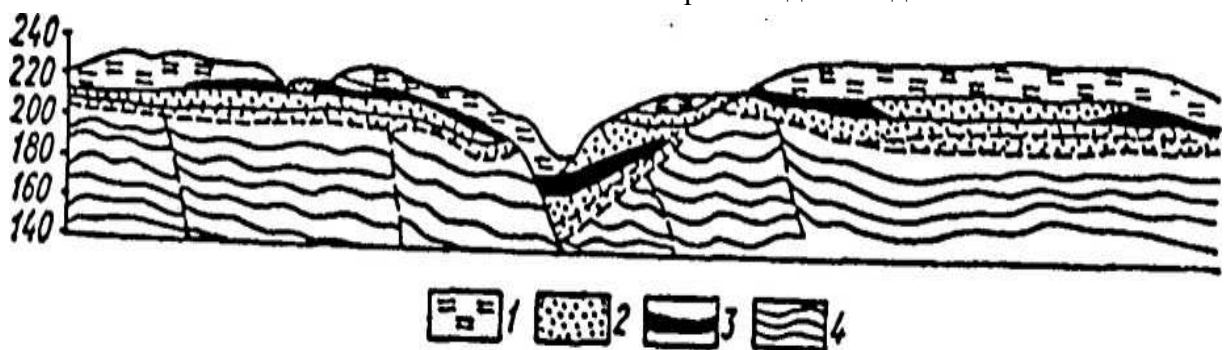
*Осадочные месторождения* глин образуются в результате перемыва и перетложения материала первичных (элювиальных) месторождений. Месторождения глин этого типа бывают морские и континентальные. Огнеупорные глины среди морских глинистых отложений не встречаются, обычно они приурочены к континентальным лагунно-озерным отложениям. Глины здесь залегают в виде пластообразных тел или крупных линз, распространяющихся на площади в десятки и сотни гектаров, мощность их достигает 10 и более метров, качество глин высокое. К этому типу относятся такие крупнейшие месторождения огнеупорных глин, как Часов-Ярское и Дружковское в Донбассе (72% запасов огнеупорного сырья Украины), Латнинское в Воронежской области, а также некоторые месторождения Подмосковного бассейна, Урала, Кавказа, Средней Азии и др.

*Часов-Ярское месторождение* огнеупорных глин обладает лучшим в мире сырьем для производства шамота, кислотоупорных изделий, фарфора, фаянса и другой керамики. В ряде производств добавки пластичных и связывающих глин Часов-Яра незаменимы, и поэтому они экспортируются в Россию, Англию и другие страны. Ме-



північній частині Донецької області поблизу міста Часов-Яр. Воно відноситься до пісково-глинистих відкладень палеогену, що майже горизонтально залягають на розмитій поверхні палеозойських і мезозойських порід (мал.4.8). Товща глин потужністю від 0,5 до 10м лежить у вигляді пласта, що повторює рельєф докайнозойських порід. Глибина залягання глин від 1 до 40м. Виділяється кілька сортів глин. З них найкращі сорти, тобто найбільше тонкодисперсні, вогнетривкі і високопластичні, відносяться до нижньої частини пласта. Середні по якості рядові глини залягають у центральній частині пласта, а пісковисті (найменше цінні глини) – у верхній. Особливістю Часов-Ярських глин є підвищена кількість кремнезему (52-55%) і лугів (до 3,5%) при відносно невисокому вмісті глинозему (32-33%). Високі властивості глин обумовлені їхнім мінеральним складом (каолінит, пілоподібний кварц, слюдисті мінерали) і тонкою дисперсністю – у кращих різновидах вміст часток з розмірами менше 0,001мм складає 75-80% і більше. Це пов'язано з тим, що родовища Часов-Яру, як і Дружковської групи, утворилися шляхом повільного відкладення тонкодисперсних часток на дні прісноводних водоемів.

сторождение, разрабатывающееся с 1867 года, находится в северной части Донецкой области вблизи города Часов-Яр. Оно приурочено к песчано-глинистым отложениям палеогена, которые почти горизонтально залегают на размытой поверхности палеозойских и мезозойских пород (рис.4.8). Толща глин мощностью от 0,5 до 10м лежит в виде пласта, повторяющего рельеф докайнозойских пород. Глубина залегания глин от 1 до 40м. Выделяется несколько сортов глин. Из них наилучшие сорта, т.е. наиболее тонкодисперсные, огнеупорные и высокопластичные, приурочены к нижней части пласта. Средние по качеству рядовые глины залегают в центральной части пласта, а песчанистые (наименее ценные глины) – в верхней. Особенностью Часов-Ярских глин является повышенное количество кремнезема (52-55%) и щелочей (до 3,5%) при относительно невысоком содержании глинозема (32-33%). Высокие свойства глин обусловлены их минеральным составом (каолинит, пылевидный кварц, слюдистые минералы) и тонкой дисперсностью – в лучших разновидностях содержание частиц с размерами менее 0,001мм составляет 75-80% и более. Это объясняется тем, что месторождения Часов-Яра, как и Дружковской группы, образовались путем медленного отложения тонкодисперсных частиц на дне пресноводных водоемов.



Мал. 4.8. Геологічний розріз Часов-Ярського родовища (по літературним даним):

1 - суглинки; 2 - пісок; 3 - вогнетривка глина; 4 - породи мезозою і палеозою.

Рис. 4.8. Геологический разрез Часов-Ярского месторождения (по литературным данным):

1 – суглинки; 2 – песок; 3 – огнеупорная глина; 4 – породы мезозоя и палеозоя.

## 4.4 Індустріальна сировина

### 4.4.1 Алмаз

*Алмаз* є самим твердим природним утворенням, він має також високу промислово-незаломлюваність і світлорозсіювання. Ці властивості обумовили широке застосування алмазу в техніці і у ювелірній справі. Більше 3/4 всіх алмазів, що добуваються у світі, є технічними і застосовуються для швидкісної і точної обробки матеріалів у машинобудівній, авіаційній, електронній та іншій галузях промисловості, у геологорозвідувальній справі (бурові алмазні коронки) і т.д.

*До ювелірних* відносяться найбільше високоякісні алмази гарної прозорості і рівномірного фарбування, без тріщин і включень. Грановані алмази називаються *діамантами*, вони є самими дорогими прикрасами.

Алмази зустрічаються в природі у вигляді кристалів, їхніх уламків і зростків. Величина кристалів різна – від мікроскопічних зерен до великих кристалів вагою в сотні каратів (карат – міра ваги алмазів рівна 200мг). Самий великий у світі алмаз «Кулінан», знайдений у Південній Африці, важив 3025,5 карат (605г) і мав розміри 10х6,5х5см. Він був лише частиною розколотого по спайності ще більшого октаедричного кристала. Алмази відомі в 43 країнах світу, їхні ресурси перевищують 5млр. карат. З них 62% зосереджено в Африці і більше 15% в Америці.

По розвіданих запасах алмазів перше місце у світі посідає Росія. Потім йдуть Ботсвана, Австралія, Ангола, Заір, Канада і ПАР. Є родовища алмазів у Південній Америці, Індії, Індонезії та інших країнах. Здобуток алмазів ведеться в 23 країнах і досяг наприкінці ХХст. 110-120 мільйонів карат на суму більше 8млр. дола-

## 4.4 Індустріальное сырье

### 4.4.1 Алмаз

*Алмаз* является самым твердым природным образованием, он обладает также высоким лучепреломлением и светорассеиванием. Эти свойства обусловили широкое применение алмаза в технике и в ювелирном деле. Более 3/4 всех добываемых в мире алмазов являются техническими, применяющимися для скоростной и точной обработки материалов в машиностроительной, авиационной, электронной и других отраслях промышленности, в геологоразведочном деле (буровые алмазные коронки) и т.д.

*К ювелирным* относятся наиболее высококачественные алмазы хорошей прозрачности и равномерной окраски, без трещин и включений. Граненые алмазы называются *бриллиантами*, они являются самыми дорогостоящими украшениями.

Алмазы встречаются в природе в виде кристаллов, их обломков и сrostков. Величина кристаллов различна – от микроскопических зерен до больших кристаллов весом в сотни карат (карат – мера веса алмазов равная 200мг). Самый крупный в мире алмаз «Куллинан», найденный в Южной Африке, весил 3025,5 карат (605г) и имел размеры 10х6,5х5см. Он являлся лишь частью расколотого по спайности еще большего октаэдрического кристалла. Алмазы известны в 43 странах мира, их ресурсы превышают 5млр. карат. Из них 62% сосредоточено в Африке и более 15% в Америке.

По разведанным запасам алмазов первое место в мире занимает Россия. Затем следуют Ботсвана, Австралия, Ангола, Заир, Канада и ЮАР. Имеются месторождения алмазов в Южной Америке, Индии, Индонезии и других странах. Добыча алмазов ведётся в 23 странах и достигла в конце

рів. У 2004р. було добуто більше всього алмазів в Австралії (26 млн. карат), потім йде Ботсвана (24,7), Росія (20,5), ПАР (10,6), Ангола (4,0), Канада (2,6), Намібія (1,5). Попит на алмази, особливо ювелірні, постійно росте.

Тому що промислові родовища алмазів зустрічаються рідко, тому на даний час у ряді країн (США, Росія, Ірландія, ПАР, Швеція, Японія, П.Корея, Німеччина) виробляють синтетичні алмази. В Україні ця важлива проблема була вирішена ще в 1961р. і налагоджене їхнє виробництво. Виробництво синтетичних алмазів складає 550-600млн. карат, з них у США щорічно виготовляють близько 130 мільйонів каратів. Ціна технічних алмазів складає близько 2,5 долари за карат, а середня ціна ювелірних – 182 дол./кар. Для особливо цінних ювелірних алмазів вартість може доходити до сотень тисяч доларів за 1 карат.

Промислові родовища алмазів бувають двох генетичних типів: магматичні (84,5% світових запасів) і розсипові (15,5% запасів). Магматичні родовища пов'язані з ультраосновними породами, названими кимберлітами і лампроїтами, що залягають у вигляді трубок і, рідше, у формі дайкоподібних утворень. Кимберлітові трубки пристосовані до великих розломів, розташовуючись як правило вздовж них групами. З глибиною вони іноді переходять у дайки. Розміри трубок різні, найчастіше в поперечнику вони мають від 15 до 600м, хоча іноді досягають розмірів 3300х700м (Камафука-Камазомбо, Ангола).

Алмази кристалізувалися на глибинах більше 150км, де вуглець переходить у свою найбільше щільну кубічну модифікацію. Вони були захоплені ще більше глибинним кимберлітовим розплавом і

XXв 110-120 миллионов карат на сумму более 8млр. долларов. В 2004г было добыто больше всего алмазов в Австралии (26млн. карат), затем следует Ботсвана (24,7), Россия (20,5), ЮАР (10,6), Ангола (4,0), Канада (2,6), Намибия (1,5). Спрос на алмазы, особенно ювелирные, постоянно растет.

Так как промышленные месторождения алмазов встречаются редко, то в настоящее время в ряде стран (США, Россия, Ирландия, ЮАР, Швеция, Япония, Ю.Корея, Германия) получают синтетические алмазы. В Украине эта важная проблема была решена еще в 1961г и налажено их производство. Производство синтетических алмазов составляет 550-600млн. карат, из них в США ежегодно производят около 130 миллионов карат. Цена технических алмазов составляет около 2,5 доллара за карат, а средняя цена ювелирных – 182 долл./кар. Для особо ценных ювелирных алмазов стоимость может доходить до сотен тысяч долларов за 1 карат.

Промышленные месторождения алмазов бывают двух генетических типов: магматические (84,5% мировых запасов) и россыпные (15,5% запасов). Магматические месторождения связаны с ультраосновными породами, называемыми кимберлитами и лампроитами, которые залегают в виде трубок и, реже, в форме дайкоподобных образований. Кимберлитовые трубки приурочены к крупным разломам, располагаясь обычно вдоль них группами. С глубиной они иногда переходят в дайки. Размеры трубок различны, чаще всего в поперечнике они имеют от 15 до 600м, хотя иногда достигают размеров 3300х700м (Камафука-Камазомбо, Ангола).

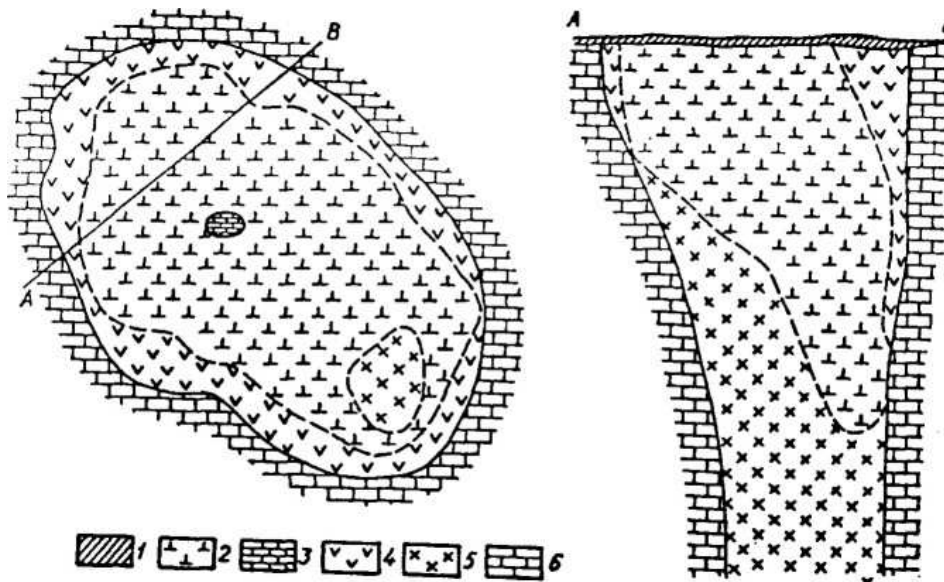
Алмазы кристаллизовались на глубинах более 150км, где углерод переходит в свою наиболее плотную кубическую модификацию. Они были захвачены еще более глу-

винесені з мантийних частин літосфери до земної поверхні. Вивчення мінералів-супутників алмазу (піропу, хроміту, ільменіту та ін.) дає можливість визначити умови їхнього утворення й оцінити алмазоносність трубок.

Промислові поклади алмазів зустрічаються не у всіх кімберлітових чи лампроїтових трубках. В Африці, наприклад, вони відомі тільки в кожній десятій трубці. Середній вміст алмазів у трубках, що розробляються, складає близько 0,5 каратів на  $1\text{м}^3$ , у верхніх частинах трубок він доходить до 3 каратів і більше. Перші кімберлітові трубки були виявлені в Південній Африці в 1870р., зараз тут відомі вже сотні трубок. З 1954р. по наступний час відкрито більше 600 кімберлітових трубок у Якутії, з яких частина алмазоносна (мал. 4.9). На даний час тут розробляються трубки Удачної (9,3млн. карат алмазів на суму 970млн. доларів у 2004р.), Ювілейна (5,2 млн. карат алмазів на суму 338млн.дол.) та інші. Трубки заповнені сильно зміненою брекчієвидною породою, що складається з кімберліту й уламків порід, прорваних трубкою вибуху. У верхній частині трубок кімберліти інтенсивно змінені і перетворені в так називану «жовту землю». Нижче розташовуються більше щільні зелені кімберліти, що переходять потім у блакитні (мал.4.9). Якутські алмази як правило безбарвні, іноді зустрічаються фіолетові, зелені, вишневі. Самі великі алмази, знайдені в Якутії, важать більше 100 карат (наприклад, алмаз «Сталінградський» вагою 166 карат, алмаз «Зірка Якутії» вагою 232 карата та ін.).

бинним кімберлітовим расплавом и вынесены из мантийных частей литосферы к земной поверхности. Изучение минералов-спутников алмаза (пироба, хромита, ильменита и др.) дает возможность определить условия их образования и оценить алмазоносность трубок.

Промышленные залежи алмазов встречаются не во всех кімберлітових или лампроїтових трубках. В Африке, например, они известны только в каждой десятой трубке. Среднее содержание алмазов в разрабатываемых трубках составляет около 0,5 каратов на  $1\text{м}^3$ , в верхних частях трубок оно доходит до 3 карат и более. Первые кімберлітові трубки были обнаружены в Южной Африке в 1870г, сейчас здесь известны уже сотни трубок. С 1954г по настоящее время открыто более 600 кімберлітових трубок в Якутии, из которых часть алмазоносна (рис.4.9). В настоящее время здесь разрабатываются трубки Удачная (9,3млн. карат алмазов на сумму 970млн. долларов в 2004г), Юбилейная (5,2 3млн. карат алмазов на сумму 338млн./дол.) и другие. Трубки заполнены сильно измененной брекчиевидной породой, состоящей из кімберліта и обломков пород, прорванных трубкой взрыва. В верхней части трубок кімберліти інтенсивно изменены и превращены в так называемую «желтую землю». Ниже располагаются более плотные зеленые кімберліти, переходящие затем в голубые (рис.4.9). Якутские алмазы обычно бесцветны, иногда встречаются фиолетовые, зеленые, вишневые. Самые крупные алмазы, найденные в Якутии, весят более 100 карат (например, алмаз «Сталінградський» весом 166 карат, алмаз «Звезда Якутии» весом 232 карата и др.).



Мал. 4.9. Геологічна схема і розріз кімберлітової трубки «Мир» (по П.М. Татаринуву):  
 1 - наноси; 2 - кімберліт зеленого кольору (змінений); 3 - ксеноліт карбонатних порід;  
 4 - кімберліт жовтого кольору (змінений); 5 - кімберліт зелено-чорного кольору (малозмінений);  
 6 - карбонатної породи нижнього ордовіка.

Рис. 4.9. Геологическая схема и разрез кимберлитовой трубки «Мир» (по П.М.Татаринуву):  
 1 – наносы; 2 – кимберлит зеленого цвета (измененный); 3 – ксенолит карбонатных пород;  
 4 – кимберлит желтого цвета (измененный); 5 – кимберлит зелено-черного цвета  
 (малоизмененный); 6 – карбонатные породы нижнего ордовика.

Крім корінних родовищ у кімберлітах зустрічаються великі родовища алмазів в олівінових лампроїтах – родинних кімберлітам глибинних порід. Прикладом є найбільше у світі родовище Аргайл в Австралії.

Розсипові родовища алмазів утворюються при вивітрюванні кімберлітів. По своєму походженню розсипи алмазів бувають елювіальними, делювіальними, алювіальними і морськими, а за віком вони можуть бути древніми (аж до докембрія) і сучасними. Древні розсипи як правило представлені конгломератами і пісковиками, зрідка вони розробляються (Індія). Сучасні розсипи є більше багатими. Вміст алмазів у них повинен бути не нижче 0,3 карата на 1м<sup>3</sup>. Великі розсипи алмазів відомі в Конго, Анголі, Бразилії, Уралі, Якутії та ін. місцях. Слід зазначити відкриття нових алмазоносних покладів на західному узбережжі Намібії і ПАР. Тут у відкладеннях континенталь-

Помимо коренных месторождений в кимберлитах встречаются крупные месторождения алмазов в оливиновых лампроитах – родственных кимберлитам глубинных породах. Примером является крупнейшее в мире месторождение Аргайл в Австралии.

Россыпные месторождения алмазов образуются при выветривании кимберлитов. По своему происхождению россыпи алмазов бывают элювиальными, делювиальными, алювиальными и морскими, а по возрасту, они могут быть древними (вплоть до докембрия) и современными. Древние россыпи обычно представлены конгломератами и песчаниками, изредка они разрабатываются (Индия). Современные россыпи являются более богатыми. Содержание алмазов в них должно быть не ниже 0,3 карата на 1м<sup>3</sup>. Крупные россыпи алмазов известны в Конго, Анголе, Бразилии, Урале, Якутии и др. местах. Следует отметить открытие новых алмазоносных залежей на западном побережье Намибии и ЮАР. Здесь в отло-

ного шельфу протягом до 1000км розвідано вже більше 10 ділянок, частина яких розробляється. Ресурси цієї нової алмазонасної провінції оцінюються від 1 до 3млр. карат. Середній вміст алмазів, в основному ювелірних, складає 2 карати на 1м<sup>3</sup> породи. В Україні встановлені кимберліти в Приазов'ї і на Волині з ознаками алмазонасності. Виявлені також численні знахідки дрібних кристалів алмазів і їхніх уламків у Донбасі і Приазов'ї, Дніпропетровській і Кіровоградській областях, у долині рік Дністер і Ю.Буг та інші місця.

#### 4.4.2 Графіт

*Графіт* є другим після алмазу поліморфним різновидом вуглецю. Він кристалізується в гексогональній сингонії і зустрічається у вигляді пластинчастих лускатих кристалів, що мають досконалу спайність. Хімічна інертність, велика здатність, пластичність і висока вогнетривкість (температура згоряння 3850±50<sup>0</sup>С) роблять його коштовною мінеральною сировиною. Застосовується графіт у всіляких галузях промисловості: у литейній справі й електроніці, для виробництва мастильних матеріалів, фарб, олівців, хімічної апаратури. Дуже важливим є властивість графіту сповільнювати швидкість нейтронів і відбивати їх, що обумовило його застосування в атомних реакторах і висунуло графіт у кількість стратегічних матеріалів. Застосовується графіт у реактивній техніці.

Найбільше цінними різновидами для промисловості є щільні-кристалічні і лускаті графіти. Мінімальний вміст цих різновидів графіту в рудах складає 2-3% за умови їх легкого збагачення. Вміст похованокристалічного (аморфного) гра-

ження континентального шельфа на протяженні до 1000км розвідано уже більше 10 участків, часть которых разрабатывается. Ресурсы этой новой алмазонасной провинции оцениваются от 1 до 3млр. карат. Среднее содержание алмазов, в основном ювелирных, составляет 2 карата на 1м<sup>3</sup> породы. В Украине установлены кимберлиты в Приазовье и на Волини с признаками алмазонасности. Виявлені також многочисленні находки мелких кристаллов алмазов и их обломков в Донбассе и Приазовье, Днепропетровской и Кировоградской областях, в долине рек Днестр и Ю.Буг и других местах.

#### 4.4.2 Графіт

*Графіт* является второй после алмаза полиморфной разновидностью углерода. Он кристаллизуется в гексогональной сингонии и встречается в виде пластинчатых чешуйчатых кристаллов, обладающих совершенной спайностью. Химическая инертность, большая кроющая способность, пластичность и высокая огнеупорность (температура сгорания 3850±50<sup>0</sup>) делают его ценным минеральным сырьем. Применяется графит в самых различных отраслях промышленности: в литейном деле и электронике, для производства смазочных материалов, красок, карандашей, химической аппаратуры. Очень важным является свойство графита замедлять скорость нейтронов и отражать их, что обусловило его применение в атомных реакторах и выдвинуло графит в число стратегических материалов. Применяется графит в реактивной технике.

Наиболее ценными разновидностями для промышленности являются плотнокристаллические и чешуйчатые графиты. Минимальное содержание этих разновидностей графита в рудах составляет 2-3% при условии их легкой обогатимости. Со-

фіту в промислових рудах досягає десятків відсотків, тому що ці руди є важкозбагачуваними. Родовища з розвіданими запасами графіту понад 10млн.т відносяться до великих, від 1 до 10млн.т – до середнього і менше 1млн.т – до дрібного.

Значні запаси графіту відомі в Україні (I місце в СНД), на Уралі, у Сибіру і Далекому Сході. Найбільше великі закордонні родовища графіту знаходяться в КНР, Мексиці, Канаді, Південній Кореї, Австрії, Швеції, Індії, Малгасійській республіці і Шрі-Ланка.

Запаси графіту в промислово розвинутих капіталістичних і країнах, що розвиваються, оцінюється в 157,6млн.т. Світовий здобуток графіту наприкінці ХХст. досягла більше 700тис.т. Ціна 1т графіту складає від 600 до 1000 доларів. Усі промислові родовища графіту за умовами свого утворення поділяються на такі генетичні типи: магматичні, контактово-метасоматичні, гідротермальні і метаморфогенні.

*Магматичні родовища* пов'язані з формуванням різних по своєму складу й умовам утворення вивержених порід. Графіт зустрічається в цих породах у вигляді штоків, гнізд і жил, а також утворюють розсіяну вкрапленість. Джерелом графіту таких родовищ є як газоподібні частини магми, так і вуглець порід, захоплених магмою. Родовища цього типу відрізняються високою якістю і вмістом графіту до 60-80%, але по своїх розмірах невеликі і зустрічаються порівняно рідко. Прикладом родовища такого типу є Ботогольське в Саянах (мал.2.2).

*Контактово-метасоматичні родовища* утворюються в зоні зіткнення вапняків із гранітоїдними інтрузіями. На контакті вапняки перетворюються в скарни, серед яких розвинутий великокулоскатий гра-

джерание скрытокристаллического (аморфного) графита в промислових рудах досягає десятків відсотків, тому що ці руди є важкозбагачуваними. Родовища з розвіданими запасами графіту понад 10млн.т відносяться до великих, від 1 до 10млн.т – до середнього і менше 1млн.т – до дрібного.

Значительные запасы графита известны в Украине (I место в СНГ), на Урале, в Сибири и Дальнем Востоке. Наиболее крупные зарубежные месторождения графита находятся в КНР, Мексике, Канаде, Южной Кореи, Австрии, Швеции, Индии, Малгасийской республике и Шри-Ланка.

Запасы графита в промышленно развитых капиталистических и развивающихся странах оценивается в 157,6млн.т. Мировая добыча графита в конце ХХв достигла более 700тыс.т. Цена 1т графита составляла от 600 до 1000 долларов. Все промышленные месторождения графита по условиям своего образования делятся на следующие генетические типы: магматические, контактово-метасоматические, гидротермальные и метаморфогенные.

*Магматические месторождения* связаны с формированием различных по своему составу и условиям образования изверженных пород. Графит встречается в этих породах в виде штоков, гнезд и жил, а также образуют рассеянную вкрапленность. Источником графита таких месторождений являются как газообразные части магмы, так и углерод вмещающих пород, захваченных магмой. Месторождения этого типа отличаются высоким качеством и содержанием графита до 60-80%, но по своим размерам невелики и встречаются сравнительно редко. Примером месторождения такого типа является Ботогольское в Саянах (рис.2.2).

*Контактово-метасоматические ме-*

фит. Іноді він концентрується в штокоподібні і лінзоподібні поклади розміром до 100м і більше. Вміст графіту в таких покладах доходить до 10-20%. Великі родовища цього типу знаходяться в Канаді, вони відомі в Узбекистані (Тас-Казган) і інших країнах.

*Гідротермальні високотемпературні родовища* зустрічаються переважно у вигляді лінз і жильних покладів серед гнейсів і кристалічних сланців. Вони утворилися внаслідок заповнення тріщин графітом і супровідними його мінералами (піритом, кварцом, біотитом, рутилом та ін.) з постмагматичних високотемпературних розчинів і газоподібних еманцій. Руди цього типу містять до 50% графіту і легко збагачуються ручним сортуванням. Потужність таких покладів досягає 2-5м при довжині жил по простяганню в кілька десятків і більше метрів. Великі родовища цього типу відомі в Шрі-Ланці, де вони розробляються вже більше 100 років.

*Метаморфогенні родовища* графіту мають найбільше промислове значення. Вони утворилися внаслідок глибокого перетворення осадових порід, що містили органічну речовину в розсіяному стані, чи за рахунок метаморфізму вугільних покладів. У першому випадку осадові породи перетворюються в метаморфічні (гнейси, кристалічні сланці) і в них утворюються виділення лускатого чи кристалічного графіту у вигляді лінзоподібних покладів, кожен з яких простягається на 50м і більше. Вміст графіту в рудах як правило невисокий – від 2,5 до 17% у середньому. Загальні розміри родовищ доходять іноді до 1км по простяганню при потужності графітизованих товщ до 200м. До таких родовищ відносяться великі родовища України (Завальєвське та ін.), о. Мадагаскар, Далекого Сходу, Ура-

*сторожденія* образуються в зоні соприкосновения известняков с гранитоидными интрузиями. На контакте известняки превращаются в скарны, среди которых развит крупночешуйчатый графит. Иногда он концентрируется в штокообразные и линзообразные залежи размером до 100м и более. Содержание графита в таких залежах доходит до 10-20%. Крупные месторождения этого типа находятся в Канаде, они известны в Узбекистане (Тас-Казган) и других странах.

*Гидротермальные высокотемпературные месторождения* встречаются преимущественно в виде линз и жильных залежей среди гнейсов и кристаллических сланцев. Они образовались в результате заполнения трещин графитом и сопровождающими его минералами (пиритом, кварцем, биотитом, рутилом и др.) из постмагматических высокотемпературных растворов и газообразных эманаций. Руды этого типа содержат до 50% графита и легко обогащаются ручной сортировкой. Мощность таких залежей достигает 2-5м при длине жил по простиранию в несколько десятков и более метров. Крупные месторождения этого типа известны в Шри-Ланке, где они разрабатываются уже более 100 лет.

*Метаморфогенные месторождения* графита имеют наибольшее промышленное значение. Они образовались в результате глубокого преобразования осадочных пород, содержащих органическое вещество в рассеянном состоянии, или за счет метаморфизма угольных залежей. В первом случае осадочные породы превращаются в метаморфические (гнейсы, кристаллические сланцы) и в них образуются выделения чешуйчатого или кристаллического графита в виде линзообразных залежей, каждая из которых протягивается на 50м и более. Содержание графита в рудах обычно невысо-



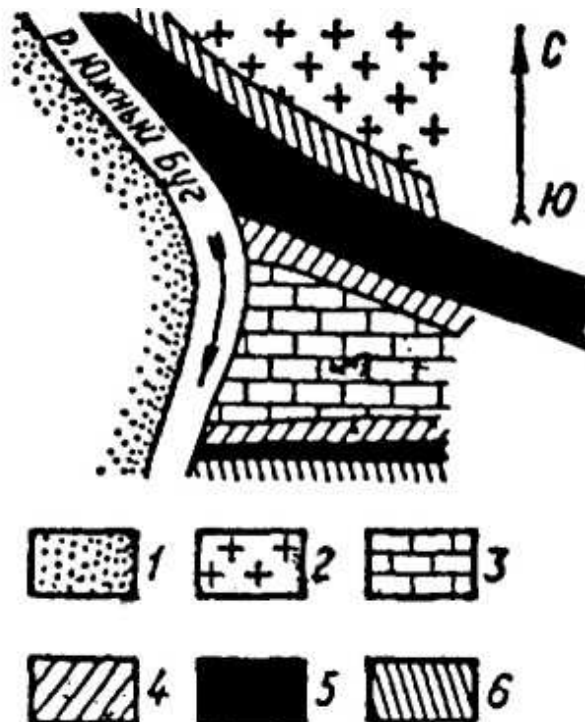
лу та ін. Дуже великими запасами графіту характеризуються родовища, що утворилися внаслідок метаморфізму шарів вугілля під впливом інтрузій магматичних порід. Ці родовища як правило представлені пластоподібними покладами потужністю до 30м, у яких вміст графіту коливається від 15 до 95%. З віддаленням від контактів з інтрузіями ступінь метаморфізму різко зменшується, і в деяких випадках просліджуються поступові переходи від антрациту до графіту із прихованокристалічною структурою, характерною для цих родовищ. Значну роль в утворенні графіту відіграють також процеси динамометаморфізму. Прикладами родовищ цієї групи є найбільше Тунгуські родовища в Красноярському краї (Курейське, Ногинське та ін.), на Південному Уралі (Боевське, Полтавсько-Брединське), а також родовища Кореї, КНР, Мексики, Австрії.

*Завальєвське родовище* знаходиться в Кіровоградській області на лівому березі ріки Ю.Буг і відноситься, як і всі родовища Української графітоносної провінції, до регіонально-метаморфічного. Завальєвське родовище відноситься до докембрійських порід, що складають крила великої синклінальної складки, у ядрі якої залягають кристалічні вапняки. Нижче їх розташовуються кварцити, а під ними товща графітоносних гнейсів. Потужність цієї графітоносною товщі на північному крилі складає 250м, а на південному – значно менше (до 15м). Графітоносні гнейси підстиляються амфіболовими гнейсами, а вся синклінальна складка розміщується серед гранітів (мал.4.11). По простяганню графітоносною пласти протягаються на 3км, вміст графіту в них 6-10%.

кое – от 2,5 до 17% в среднем. Общие размеры месторождений доходят иногда до 1км по простиранию при мощности графитизированных толщ до 200м. К таким месторождениям относятся крупные месторождения Украины (Завальевское и др.), о.Мадагаскар, Дальнего Востока, Урала и др. Очень крупными запасами графита характеризуются месторождения, образовавшиеся в результате метаморфизма пластов угля под влиянием интрузий магматических пород. Эти месторождения обычно представлены пластообразными залежами мощностью до 30м, в которых содержание графита колеблется от 15 до 95%. С удалением от контактов с интрузиями степень метаморфизма резко уменьшается, и в некоторых случаях прослеживаются постепенные переходы от антрацита до графита со скрытокристаллической структурой, характерной для этих месторождений. Значительную роль в образовании графита играют также процессы динамометаморфизма. Примерами месторождений этой группы являются крупнейшие Тунгусские месторождения в Красноярском крае (Курейское, Ногинское и др.), на Южном Урале (Боевское, Полтавско-Брединское), а также месторождения Кореи, КНР, Мексики, Австрии.

*Завальевское месторождение* находится в Кировоградской области на левом берегу реки Ю.Буг и относится, как и все месторождения Украинской графитоносной провинции, к регионально-метаморфическим. Завальевское месторождение приурочено к докембрійским породам, слагающим крылья крупной синклінальної складки, в ядре которой залегают кристаллические известняки. Ниже их располагаются кварциты, а под ними толща графитоносных гнейсов. Мощность этой графитоносной толщи на северном крыле составляет 250м, а на южном – значительно меньше (до 15м). Гра-

фитоносные гнейсы подстилаются амфиболовыми гнейсами, а вся синклиналиальная складка размещается среди гранитов (рис.4.11). По простиранию графитоносные пласты протягиваются на 3км, содержание графита в них 6-10%.



Мал. 4.11. Геологічна схема Завальєвського родовища (по І.В. Дубине):  
1 - алювій; 2 - докембрійські граніти; 3 - кристалічні вапняки; 4 - кварцит;  
5 - графітовий гнейс; 6 - амфіболовий гнейс.

Рис. 4.11. Геологическая схема Завальевского месторождения (по И.В.Дубине):  
1 – аллювий; 2 – докембрийские граниты; 3 – кристаллические известняки; 4 – кварцит;  
5 – графитовый гнейс; 6 – амфиболовый гнейс.

#### 4.4.3 Слюди

З усіх мінералів слюд практичне значення мають:

мусковіт -  $KAl_2[Si_3AlO_{10}][OH]_2$   
флогопіт -  $KMg_3[Si_3AlO_{10}] \cdot [F, OH]_2$   
вермикуліт -

$(Mg, Fe)_3[(Si, Al)_4O_{10}] \cdot [OH] \cdot n_2O$

Мусковіт і флогопіт мають найдосконалішу спайність, тому вони можуть розщеплюватися на дуже тонкі, гнучкі і прозорі пластинки, що мають високі електроізоляційні властивості, велику механічну міцність, термічну і хімічну стійкість, а також дуже малу гігроскопічність. Застосовуються ці слюди в елек-

#### 4.4.3 Слюды

Из всех минералов слюд практическое значение имеют:

мусковит -  $KAl_2[Si_3AlO_{10}][OH]_2$   
флогопит -  $KMg_3[Si_3AlO_{10}] \cdot [F, OH]_2$   
вермикулит -

$(Mg, Fe)_3[(Si, Al)_4O_{10}] \cdot [OH] \cdot nH_2O$

Мусковит и флогопит обладают весьма совершенной спайностью, поэтому они могут расщепляться на очень тонкие, гибкие и прозрачные пластинки, которые имеют высокие электроизоляционные свойства, большую механическую прочность, термическую и химическую стойкость, а также очень малую гигроскопичность. Применя-

тро- і радіотехнічній галузях промисловості, в авіації, а також при виготовленні вогнестійких покрівельних матеріалів, пластмас, цементу і т.д. Мусковіт і флогопіт використовуються як у вигляді листової слюди (пластинки розміром не менше  $4\text{см}^2$ ), так і слюдяних порошоків (скрапу), одержаних з відходів виробництва листової слюди. На даний час придбала промисловий інтерес дрібномірна слюда, здобуток якої швидко росте.

Вермикуліт при нагріванні утрачає воду і сильно спучується, збільшуючись в обсязі до 25 разів, при цьому пориста легка маса з об'ємною вагою 0,6-0,9 має золотистий чи сріблястий колір і дуже високі тепло- і звукоізоляційні властивості. Застосовується вермикуліт у ряді галузей промисловості, зокрема, в авіації, у будівельній справі, в атомній техніці, а також сільському господарстві і т.д.

Промислова оцінка родовищ слюди заснована не тільки на вмісті її в породі, але і на розмірах кристалів слюди. Добута у вибої і відділена від порожньої породи слюда називається забійним сирцем. Вміст цього сирцю визначається в кг на кубічний метр гірської маси.

При обробці забійного сирцю, тобто грубому сортуванню, очищенню вивітрілих ділянок і т.д. одержують промисловий сирець. Розміри окремих пластинок промислового сирцю повинні бути не менше  $4\text{см}^2$ . Вихід промислового сирцю виражається у відсотках від ваги забійного. З промислового сирцю одержують потім колоту слюду, що залежно від розміру пластинок (від  $>100\text{см}^2$  до  $4\text{см}^2$ ) поділяється на чотири типи. Виділяють також радіодетальну слюду ( $4-25\text{см}^2$ ), що володіє рівною поверхнею, відсутністю плям і включень.

ються эти слюды в электро- и радиотехнической отраслях промышленности, в авиации, а также при изготовлении огнестойких кровельных материалов, пластмасс, цемента и т.д. Мусковит и флогопит используются как в виде листовой слюды (пластинки размером не менее  $4\text{см}^2$ ), так и слюдяного порошка (скрапа), получаемого из отходов производства листовой слюды. В настоящее время приобрела промышленный интерес мелкомерная слюда, добыча которой быстро растет.

Вермикулит при нагревании теряет воду и сильно вспучивается, увеличиваясь в объеме до 25 раз. Получившаяся при этом пористая легкая масса с объемным весом 0,6-0,9 имеет золотистый или серебристый цвет и обладает очень высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами. Применяется вермикулит в ряде отраслей промышленности, в частности, в авиации, в строительном деле, в атомной технике, а также сельском хозяйстве и т.д.

Промышленная оценка месторождений слюды основана не только на содержании ее в породе, но и на размерах кристаллов слюды. Добытая в забое и отделенная от пустой породы слюда называется забойным сырцом. Содержание этого сырца определяется в кг на кубический метр горной массы.

При обработке забойного сырца, т.е. грубой сортировке, очистке выветрелых участков и т.д. получают промышленный сирец. Размеры отдельных пластинок промышленного сырца должно быть не менее  $4\text{см}^2$ . Выход промышленного сырца выражается в процентах от веса забойного. Из промышленного сырца получают затем колотую слюду, которая в зависимости от размера пластинок (от  $>100\text{см}^2$  до  $4\text{см}^2$ ) делится на четыре типа. Выделяют также радиодетальную слюду ( $4-25\text{см}^2$ ), обладающую ровной поверхностью, отсутствием

Споживання слюди увесь час росте у всіх промислово розвинутих країнах. Світовий здобуток мусковіту і флогопіту разом з дрібночешуйчатою слюдою і скрапом складає на даний час близько 200 тис. тонн. Основними постачальниками слюд є Індія, Росія, Бразилія, США, Канада, Мадагаскар, Південна Африка, Австралія та інші країни. Тонна листової слюди в блоках коштує близько 4000 доларів, меленої – від 45 до 250 доларів. Виробництво вермикуліту в усьому світі перевищило в 2000 р. 570 тис. тонн, з яких 370 тис. т добуто в ПАР і 200 тис. т у США. В Україні відомо більше 50 родовищ і рудопроявів вермикуліту, найбільше великі з них розташовані в Приазов'ї (Кам'яномогильське та ін.). Росія, Індія, КНР, Бразилія, Кенія та інші країни мають великі запаси вермикуліту. Його вартість на світовому ринку складає від 160 до 220 доларів за 1 т.

Найголовнішими генетичними типами промислових родовищ слюд є:

1. *Пегматитові родовища* – єдине джерело промислового мусковіту. Слюдоносні пегматити залягають серед докембрійських кристалічних порід і утворюють різної форми і величини жили. Кристали мусковіту в жилах можуть досягати іноді декількох квадратних метрів. Вміст мусковіту-сирцю складає як правило перші десятки кілограм на кубометр породи. Родовища з запасами в тисячі тонн слюди відносяться до великих. Такого типу родовища знаходяться в Мамско-Чуйському районі Іркутської області (мал.4.12), Індії, Бразилії, КНР і інших країнах.

пятах і включений.

Потребление слюды все время растет во всех промышленно развитых странах. Мировая добыча мусковита и флогопита вместе с мелкочешуйчатой слюдой и скрапом составляет в настоящее время около 200 тыс. тонн. Основными поставщиками слюд являются Индия, Россия, Бразилия, США, Канада, Мадагаскар, Южная Африка, Австралия и другие страны. Тонна листовой слюды в блоках стоит около 4000 долларов, молотой – от 45 до 250 долларов. Производство вермикулита во всем мире превысило в 2000 г 570 тыс. тонн, из которых 370 тыс. т добыто в ЮАР и 200 тыс. т в США. В Украине известно более 50 месторождений и рудопроявлений вермикулита, наиболее крупные из них расположены в Приазовье (Каменномогильское и др.). Россия, Индия, КНР, Бразилия, Кения и другие страны обладают большими запасами вермикулита. Его стоимость на мировом рынке составляет от 160 до 220 долларов за 1 т.

Главнейшими генетическими типами промышленных месторождений слюд являются:

1. *Пегматитовые месторождения* – единственный источник промышленного мусковита. Слюдоносные пегматиты залегают среди докембрійских кристаллических пород, образуя различной формы и величины жилы. Кристаллы мусковита в жилах могут достигать иногда нескольких квадратных метров. Содержание мусковита-сырца составляет обычно первые десятки килограмм на кубометр породы. Месторождения с запасами в тысячи тонн слюды относятся к крупным. Такого типа месторождения находятся в Мамско-Чуйском районе Иркутской области (рис.4.12), Индии, Бразилии, КНР и других странах.



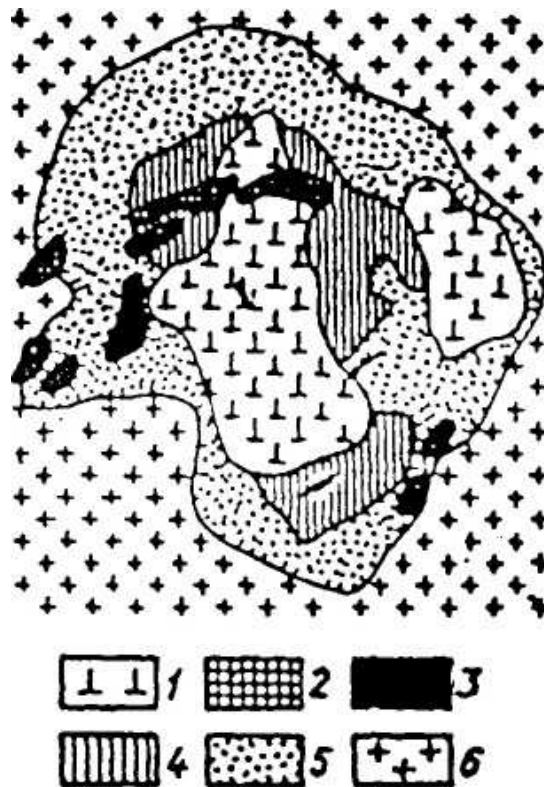
Мал. 4.12. Блок-діаграма одного з пегматитових полів Мамського району (по М.П. Семененко).  
Рис. 4.12. Блок-диаграмма одного из пегматитовых полей Мамского района (по Н.П.Семененко).

2. Карбонатитові родовища є новим, але дуже важливим і перспективним типом промислових скупчень флогопіту. Вони відносяться до масивів ультраосновних - лужних порід центрального типу, що сформувалися на платформах чи в областях завершеної складчастості у зв'язку з процесами тектоно-магматичної активізації. Ці масиви представляють собою трубо- чи воронкоподібні тіла площею від 1 до 1000км<sup>2</sup> і більше, відносяться до зон глибинних розломів. Формування таких масивів багатозафазне з послідовною зміною магматизму від ультраосновного до лужного. Послідовні етапи магматичних упрощень чергувалися з періодами інтенсивної діяльності постмагматичних розчинів, що викликали метасоматичні зміни і перекристалізацію як інтрузивних, так і їхніх порід. У заключні етапи цього процесу сформувалися карбонатити з різною рідкоземельною, рідкометальною, флогопітовою і іншою мінералізацією. Для формування флогопітових родовищ у зв'язку з такими інтрузіями дуже сприятливі високі концентрації в породах заліза, магнію, лугів і глинозему, що в умовах інтенсивної постмагматичної гідротермальної діяльності призводить до утворення багатих рудонесних зон довжиною до сотень метрів.

2. Карбонатитовые месторождения являются новым, но весьма важным и перспективным типом промышленных скопленных флогопита. Они приурочены к массивам ультраосновных - щелочных пород центрального типа, которые сформировались на платформах или в областях завершённой складчатости в связи с процессами тектоно-магматической активизации. Эти массивы представляют собой трубо- или воронкообразные тела площадью от 1 до 1000км<sup>2</sup> и более, приуроченные к зонам глубинных разломов. Формирование таких массивов многофазное с последовательным изменением магматизма от ультраосновного до щелочного. Последовательные этапы магматических внедрений чередовались с периодами интенсивной деятельности постмагматических растворов, которые вызывали метасоматические изменения и перекристаллизацию как интрузивных, так и вмещающих их пород. В заключительные этапы этого процесса сформировались карбонатиты с различной редкоземельной, редкометальной, флогопитовой и иной минерализацией. Для формирования флогопитовых месторождений в связи с такими интрузиями весьма благоприятны высокие концентрации в породах железа, магния, щелочей и глинозема, что в условиях интенсивной постмагматической гидротер-

Крім зон із суцільним ослюдненням виникають серії флогопітових жил і прожилків, а також нерівномірна вкрапленість і гнізда флогопіту. У зв'язку з частими тектонічними переміщеннями в період формування покладів флогопіту якість слюди в цих родовищах відносно невисока, тому що в кристалах флогопіту, що досягають іноді в поперечнику кілька метрів, є численні дефекти (тріщини, сторонні вclusions, пухирчасті фляки та інш.). Внаслідок цього при переробці флогопіту значна його частка йде в скрап. Родовища цього типу з дуже великими запасами відомі на Кольському півострові (Ковдорське родовище) (мал.4.13), на півночі Сибірської платформи (Гулинське та ін.), у ПАР (Палаборо) та інші.

мальной деятельности приводит к образованию богатых рудоносных зон длиной до сотен метров. Кроме зон со сплошным ослюдением возникают серии флогопитовых жил и прожилков, а также неравномерная вкрапленность и гнезда флогопита. В связи с частыми тектоническими подвижками в период формирования залежей флогопита качество слюды в этих месторождениях относительно невысокое, т.к. в кристаллах флогопита, достигающих иногда в поперечнике несколько метров, имеются многочисленные дефекты (трещины, посторонние включения, пузырьковые рубцы и т.д.). Вследствие этого при переработке флогопита значительная его доля идет в скрап. Месторождения этого типа с очень большими запасами известны на Кольском полуострове (Ковдорское месторождение), на севере Сибирской платформы (Гулинское и др.), в ЮАР (Палаборо) и другие.



Мал. 4.13. Геологічна будова Ковдорського родовища (по В.І. Терновому):  
1 - ультраосновні породи; 2 - карбонатити; 3 - залізнi руди; 4 - флогопітоносні зони;  
5 - лужні породи; 6 - гранітогнейси докембрія.

Рис. 4.13. Геологическое строение Ковдорского месторождения (по В.И.Терновому):  
1 – ультраосновные породы; 2 – карбонатиты; 3 – железные руды; 4 – флогопитоносные зоны;  
5 –щелочные породы; 6 – гранитогнейсы докембрия.

3. *Гідротермальні родовища* флогопіту мають велике практичне значення, хоча їхні масштаби в порівнянні з карбонативними родовищами значно скромніше. Вони утворилися на значних глибинах внаслідок впливу високотемпературних гідротермальних розчинів на магнезальні карбонатні породи – доломіти, діопсидові сланці та ін. Виниклі таким шляхом флогопітоносні зони і жили мають потужність від часток метра до 1-3м при довжині до 100-150м. Вміст флогопіту в них коливається від 10-15кг до 200-300кг і більше на 1м<sup>3</sup> жильної маси. Родовища цього типу є в Росії на Алдані (Емельджакське, Куранахське та ін.), в Іркутській області (Слюдянка), вони відомі також у Канаді, Малгасійській республіці (Мадагаскар) і інших місцях.

4. *Екзогенні залишкові родовища* вермикуліту відносяться до кори вивітрювання порід, збагачених біотитом і флогопітом: біотитових гнейсів і кристалічних сланців, флогопітоносних біотитизированих основних порід, біотитових амфіболітів та ін. Утворення вермикуліту відбувається за рахунок зміни біотиту і флогопіту, що полягають у винесенні з них лугів (K<sub>2</sub>O), переході закисних з'єднань заліза в окисні і різке збільшення кількості води (до 15-20%). У зв'язку з цим практично завжди спостерігаються перехідні мінерали: вермикуліти-біотити, вермикуліт-флогопіти, а промислові родовища вермикуліту бувають комплексними, наприклад, вермикуліт-флогопітові (Ковдорське родовище). Також родовища вермикуліту існують в Україні (Приазов'є, район Кривого Рогу, Побужжя), на Уралі (Потанинське родовище), у Красноярському краї (Бор-Урях), Примор'ї. Великі родовища вермикуліту відомі також у США, ПАР, Ка-

3. *Гідротермальні родовища* флогопіта имеют большое практическое значение, хотя их масштабы по сравнению с карбонативными месторождениями значительно скромнее. Это объясняется высоким качеством содержащегося в гидротермальных месторождениях флогопіта. Они образовались на значительных глубинах в результате воздействия высокотемпературных гидротермальных растворов на магнезальные карбонатные породы – доломиты, диопсидовые сланцы и др. Возникшие таким путем флогопітоносные зоны и жилы имеют мощность от долей метра до 1-3м при длине до 100-150м. Содержание флогопіта в них колеблется от 10-15кг до 200-300кг и более на 1м<sup>3</sup> жильной массы. Месторождения этого типа имеются в России на Алдане (Эмельджакское, Куранахское и др.), в Иркутской области (Слюдянка), они известны также в Канаде, Малгасийской республике (Мадагаскар) и других местах.

4. *Экзогенные остаточные месторождения* вермикулита приурочены к коре выветривания пород, обогащенных биотитом и флогопітом: биотитовых гнейсов и кристаллических сланцев, флогопітоносных биотитизированных основных пород, биотитовых амфиболитов и др. Образование вермикулита происходит за счет изменения биотита и флогопіта, заключающихся в выносе из них щелочей (K<sub>2</sub>O), переходе закисных соединений железа в окисные и резком увеличении количества воды (до 15-20%). В связи с этим практически всегда наблюдаются переходные минералы: вермикулит-биотиты, вермикулит-флогопіты, а промышленные месторождения вермикулита бывают комплексными, например, вермикулит-флогопітовыми (Ковдорское месторождение). Также месторождения вермикулита имеются в Украине (Приазовье, район Кривого Рога, Побужье), на Урале (Потанинское месторожде-

наді та інших країнах.

#### 4.4.4 Азбест

*Азбестом* називають мінерали, що легко розщеплюються на тонкі і міцні волокна. Розрізняють хризотил – азбест, що відноситься до групи серпентиніту й амфібол-азбест (антофіліт-, актиноліт-азбест та ін.). Основні промислові значення мають хризотил-азбест, на частку якого приходиться до 95% всього світового здобутку азбесту. Цей мінерал є гідросилікатом магнію  $Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_6 \cdot H_2O$ . Найважливішою властивістю азбесту, що обумовили його широке застосування в промисловості, є здатність розщеплюватися на найтонші (до 0,0001мм) міцні еластичні волокна, стійкі проти дії високих температур і лугів. Це також гарний тепло-, звуко- і електроізолятор, тому його використовують при виробленні більше 2000 різних видів продукції. Новою областю застосування хризотилу-азбесту є космонавтика, тут він використовується в якості високотемпературного ізоляційного матеріалу.

Застосування азбесту залежить головним чином від довжини волокна. *Текстильний азбест* має волокно довжиною більше 8мм і використовується для виробництва вогнестійких азбестових тканин і азбесто-гумових виробів. *Шиферно-картонно-паперовий азбест* складається з волокон довжиною від 8 до 2мм і застосовується для виготовлення покрівельних і теплоізоляційних матеріалів, азбоцементних труб, азбестового папера і картону. *Будівельний азбест* має довжину менше 2мм. Разом з цементом та іншими в'яз-

ние), в Красноярском крае (Бор-Урях), Приморье. Крупные месторождения вермикулита известны также в США, ЮАР, Канаде и других странах.

#### 4.4.4 Асбест

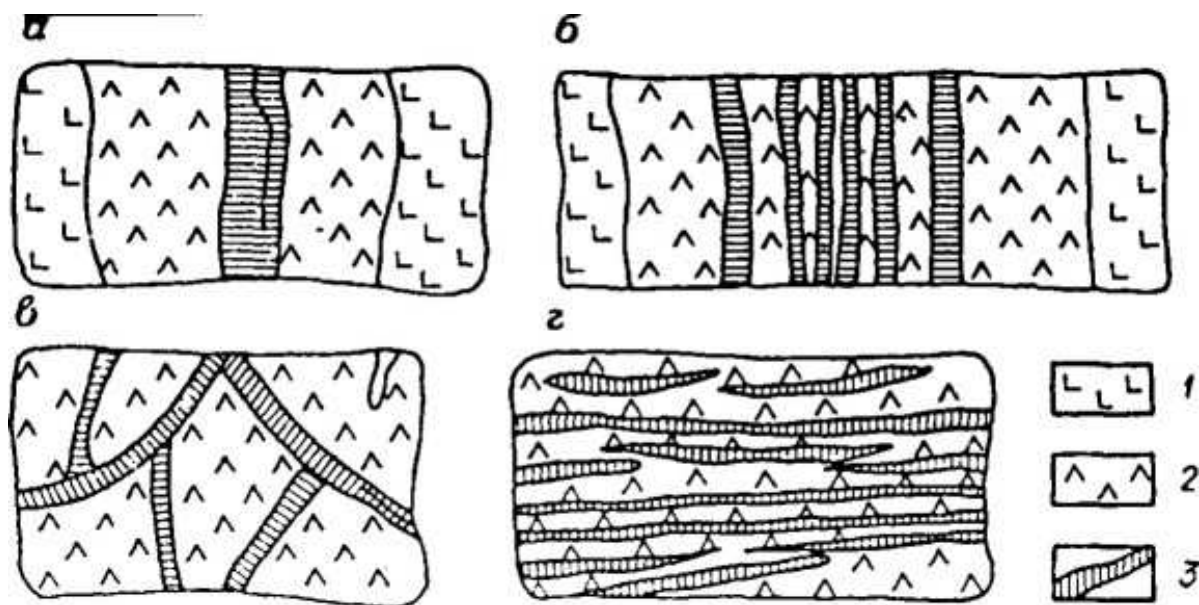
*Асбестом* называют легко расщепляющиеся на тонкие и прочные волокна минералы. Различают хризотил – асбест, относящийся к группе серпентинита и амфибол-асбесты (антофиллит-, актинолит-асбест и др.). Основные промышленные значения имеют хризотил-асбест, на долю которого приходится до 95% всей мировой добычи асбеста. Этот минерал является гидросиликатом магния  $Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_6 \cdot H_2O$ . Важнейшим свойством асбеста, обусловившим его широкое применение в промышленности, является способность расщепляться на тончайшие (до 0,0001мм) прочные эластичные волокна, устойчивые против действия высоких температур и щелочей. Это также хороший тепло-, звуко- и электроізолятор, поэтому его используют при выработке более 2000 разных видов продукции. Новой областью применения хризотил-асбеста является космонавтика, здесь он используется в качестве высокотемпературного изоляционного материала.

Применение асбеста зависит главным образом от длины волокна. *Текстильный асбест* имеет волокно длиной более 8мм и используется для производства огнестойких асбестовых тканей и асбесто-резиновых изделий. *Шиферно-картонно-бумажный асбест* состоит из волокон длиной от 8 до 2мм и применяется для изготовления кровельных и теплоизоляционных материалов, асбоцементных труб, асбестовой бумаги и картона. *Строительный асбест* имеет длину менее 2мм. Вместе с цементом и другими вяжущими материалами он использует-



кими матеріалами він використовується для виготовлення вогнестійких і теплоізоляційних будівельних матеріалів. Різні типи азбестових руд розрізняються по структурно-текстурних особливостях (мал.4.14).

ся для изготовления огнестойких и теплоизоляционных строительных материалов. Различные типы асбестовых руд различаются по структурно-текстурным особенностям (рис.4.14).



Мал. 4.14. Деякі типи хризотил-азбеста:

а-проста облямована жила (у центрі жили просечка); б-складна облямована жила; в-руда типу дрібноної сітки; г- руда дрібнопрожилкова; 1 - гарцбургіт; 2 - серпентиніт; 3 -хризотил-азбестові жилки.

Рис. 4.14. Некоторые типы хризотил-асбеста:

а-простая отороченная жила (в центре жилы просечка); б-сложная отороченная жила; в-руда типа мелкой сетки; г-руда мелкопрожилковая; 1 – гарцбургит; 2 – серпентинит; 3 –хризотил-асбестовые жилки.

Загальні запаси азбестового волокна в розвинутих капіталістичних і країнах, що розвиваються, оцінюються величиною близько 100млн.т. У Росії зосереджені найбільші запаси цього мінералу, тільки хризотил-азбесту тут більше 180 млн. тонн. По здобутку азбесту колишній Радянський Союз стійко займав перше місце у світі (близько 2,5млн.т щорічно). У всіх інших країнах світу разом узятих здобуток азбесту складав близько 2млн.т. Наприкінці ХХст. спостерігалось зниження здобутку азбесту у світі до 2млн.т (Росія – 0,65, КНР –0,45; Канада – 0,37; Бразилія – 0,31; ПАР і Зімбабве – 0,19; Греція – 0,05). Ціни на канадський азбест

Общие запасы асбестового волокна в развитых капиталистических и развивающихся странах оцениваются величиной около 100млн.т. В России сосредоточены крупнейшие запасы этого минерала только хризотил-асбеста здесь более 180млн.тонн. По добыче асбеста бывший Советский Союз устойчиво занимал первое место в мире (около 2,5млн.т ежегодно). Во всех остальных странах мира вместе взятых добыча асбеста составляла около 2млн.т. В конце ХХв наблюдалось снижение добычи асбеста в мире до 2млн.т (Россия – 0,65, КНР – 0,45; Канада – 0,37; Бразилия – 0,31; ЮАР и Зимбабве – 0,19; Греция – 0,05). Цены на канадский асбест составляли от 1800-

складали від 1800-1500дол./т до 210-435дол./т залежно від його сорту.

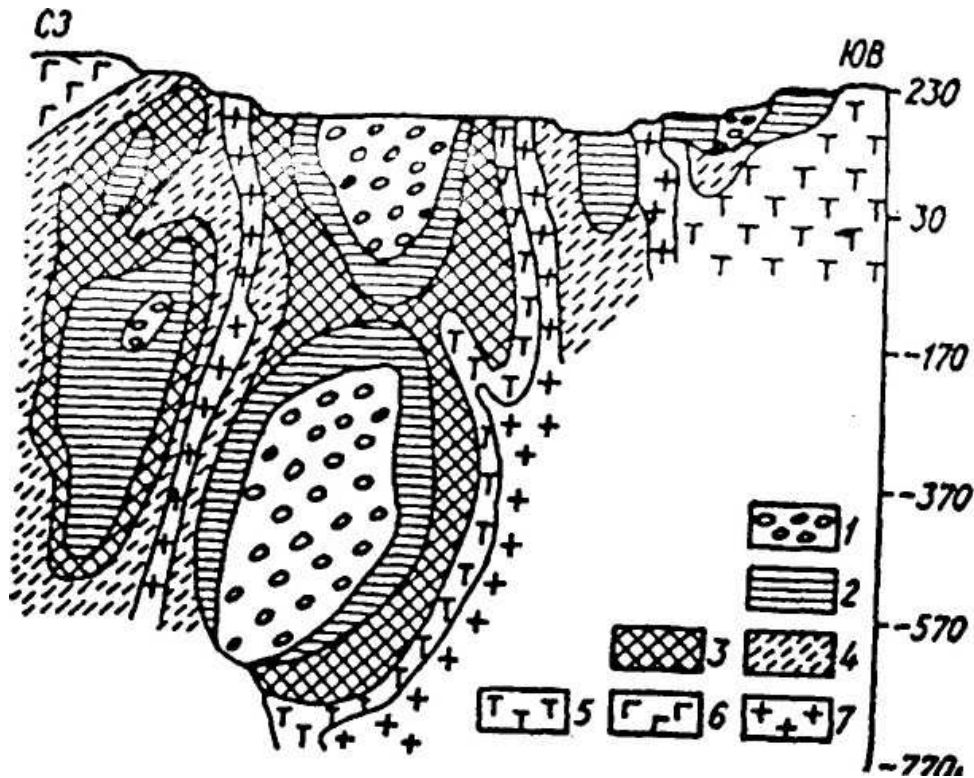
Усі відомі в природі родовища хризотилу-азбесту пов'язані із серпентинітами серед ультраосновних магматичних порід і рідше – осадових магнезійно-карбонатних, де вони утворилися під впливом гідротермальних розчинів. Джерелом цих розчинів на думку одних дослідників є сама ультраосновна магма, тобто процес азбестоутворення на їхню думку є автометаморфічним. Інші геологи пов'язують утворення термальних розчинів із гранітною магмою.

Найбільше великі родовища хризотилу-азбесту цього типу знаходяться на східному схилі Середнього Уралу. Тут розташований *Баженовський азбестоносний район*, присвячений до масиву ультраосновних порід, що має складну лінзоподібну форму розмірами 28х2-3км. Промислові запаси хризотилу-азбесту пов'язані з зонами серпентинізації, присвяченими до розломів, що розбивають масив на окремі блоки. Довжина таких покладів, витягнутих у меридіональному напрямі, доходить до 1км при середній потужності в 50м. Поширюються поклади на глибину 500-600м і більше (мал.4.15). Середній вміст азбесту в серпентинітах складає 3,7%. Розробляють азбест цього родовища відкритим способом. Подібні по своєму генезису родовища азбесту відомі на Південному Уралі, Саянах, Північному Забайкаллі, Казахстані, а також у Канаді, КНР, ПАР, Зімбабве та інших країнах.

1500долл./т до 210-435долл./т в залежності від його сорта.

Все известные в природе месторождения хризотил-асбеста связаны с серпентинитами среди ультраосновных магматических пород и реже – осадочных магнезиево-карбонатных, где они образовались под воздействием гидротермальных растворов. Источником этих растворов по мнению одних исследователей является сама ультраосновная магма, т.е. процесс асбестообразования по их мнению является автометаморфическим. Другие геологи связывают образование термальних растворов с гранитной магмой.

Наиболее крупные месторождения хризотил-асбеста этого типа находятся на восточном склоне Среднего Урала. Здесь расположен *Баженовский азбестоносный район*, приуроченный к массиву ультраосновных пород, который имеет сложную линзовидную форму размерами 28х2-3км. Промышленные запасы хризотил-асбеста связаны с зонами серпентинизации, приуроченными к разломам, разбивающим массив на отдельные блоки. Протяженность таких залежей, вытянутых в меридиональном направлении, доходит до 1км при средней мощности в 50м. Распространяются залежи на глубину 500-600м и более (рис.4.15). Среднее содержание асбеста в серпентинитах составляет 3,7%. Разрабатывают асбест этого месторождения открытым способом. Сходные по своему генезису месторождения асбеста известны на Южном Урале, Саянах, Северном Забайкалье, Казахстане, а также в Канаде, КНР, ЮАР, Зимбабве и других странах.



Мал. 4.15. Геологічний розріз Баженовського родовища (по П.М. Татаринув):  
 1 - перидотити; 2 - змінені перидотити з азбестом; 3 - серпентинити з жилами азбесту;  
 4 - розсланцьовані серпентинити; 5 - тальк-карбонатні породи; 6 - габро; 7 - дайки гранодіоритів.  
 Рис. 4.15. Геологический разрез Баженовского месторождения (по П.М.Татаринув):  
 1 – перидотиты; 2 – измененные перидотиты с азбестом; 3 – серпентиниты с жилами азбеста; 4 –  
 рассланцованные серпентиниты; 5 – тальк-карбонатные породы; 6 – габро;  
 7 – дайки гранодиоритов.

Другим генетичним типом родовищ хризотилу-азбесту є контактово-метасоматичні родовища в доломітизованих вапняках і доломітах. Серпентинізація порід і утворення в них азбесту пов'язані з циркуляцією по тріщинах гідротермальних розчинів, що привносили кремнекислоту. Такі родовища утворилися поблизу контактів карбонатних порід з кислими й основними магматичними утвореннями. Розміри родовищ цього типу невеликі, але азбест у них беззалістий, це вигідно відрізняє його від хризотилу-азбесту, пов'язаного з ультраосновними породами. Родовища цього типу відомі в Росії (Красноярський край, Північний Урал), Киргизії, Узбекистані та інших країнах.

Вторым генетическим типом месторождений хризотил-асбеста являются контактово-метасоматические месторождения в доломитизированных известняках и доломитах. Серпентинизация вмещающих пород и образование в них асбеста связаны с циркуляцией по трещинам гидротермальных растворов, привнесших кремнекислоту. Такие месторождения образовались вблизи контактов карбонатных пород с кислыми и основными магматическими образованиями. Размеры месторождений этого типа невелики, но асбест в них безжелезистый, это выгодно отличает его от хризотил-асбеста, связанного с ультраосновными породами. Месторождения этого типа известны в России (Красноярский край, Северный Урал), Киргизии, Узбекистане и других странах.

*Контрольні питання до глави IV*

1. Головні особливості неметалевих корисних копалин та їх класифікація.
2. Промислові мінерали солей Na і K та їх використання, видобуток і ціна.
3. Генетичні типи промислових родовищ солей. Приклади.
4. Характеристика родовищ солей Слав'янсько-Артемівського, Верхнекамського, Верра (ФРН).
5. Властивості сірки та її використання.
6. Генетичні типи промислових родовищ сірки. Біохімічне походження сірки.
7. Характеристика Роздольського родовища сірки.
8. Головні промислові мінерали фосфору, їх використання і економіка.
9. Генетичні типи промислових родовищ фосфатної сировини. Типи фосфоритів.
10. Характеристика родовищ апатиту і фосфориту: Хибинських, хребта Кара-Тау, України та Підмосков'я.
11. Вапняки та доломіти, їх використання, видобуток, головні родовища в Україні.
12. Флюорит і фтор, їх промислове використання, видобуток і ціни.
13. Генезис промислових родовищ флюориту.
14. Характеристика Покрово-Кіреєвського родовища.
15. Природні будівельні матеріали, їх використання і різновиди. Родовища.
16. Штучні будівельні матеріали та їх характеристика. Вогнетривкі глини і каолін.
17. Генетичні типи родовищ глини і каоліну. Приклади.
18. Характеристика Просянівського і Часов-Ярського родовищ.

*Контрольные вопросы и задания к главе IV*

1. Главные особенности неметаллических полезных ископаемых, их классификация.
2. Промышленные минералы солей Na и K, их использование, добыча и цены.
3. Генетические типы промышленных месторождений солей. Примеры.
4. Характеристика месторождений солей: Славянско-Артемовского, Верхнекамского, Верра (ФРГ).
5. Свойства серы и её использование.
6. Генетические типы промышленных месторождений серы. Биохимическое происхождение серы.
7. Характеристика Раздольского месторождения серы.
8. Главные промышленные минералы фосфора, их использование и экономика.
9. Генетические типы промышленных месторождений фосфатного сырья. Типы фосфоритов.
10. Характеристика месторождений апатита и фосфорита: Хибинских, хребта Кара-Тау, Украины и Подмосковья.
11. Известняки и доломиты, их применение и добыча, главные месторождения в Украине.
12. Флюорит и фтор, их промышленное использование, добыча и цены.
13. Генезис промышленных месторождений флюорита.
14. Характеристика Покрово-Киреевского месторождения.
15. Естественные строительные материалы, их использование и разновидности. Месторождения.
16. Искусственные строительные материалы и их характеристика. Огнеупорные глины и каолин.
17. Генетические типы месторождений глины и каолина. Примеры.
18. Характеристика Просяновского и Часов-Ярского месторождений.

19. Головні властивості алмазу, його використання, головні країни-виробники алмазів, світові ціни.

20. Генетичні типи промислових родовищ алмазів.

21. Кімберлітові і лампроїтові алмазонасні трубки, їх походження.

22. Розсіпові родовища алмазів. Проблема алмазів України.

23. Властивості і використання графіту. Провідні країни по запасах і видобутку графіту.

24. Генетичні типи промислових родовищ графіту.

25. Характеристика Завальєвського та інших родовищ графіту України.

26. Головні мінерали слюд і їх промислове використання.

27. Генетичні типи промислових родовищ слюд.

28. Охарактеризуйте Ковдорське і Мамсько-Чуйське родовища слюд.

29. Властивості азбесту і його використання. Запаси і видобуток азбесту у світі.

30. Типи жил хризотил-азбесту, їх генезис.

31. Охарактеризуйте Баженовське родовище азбесту.

19. Основные свойства алмаза, его применение, главные страны производители алмазов, мировые цены.

20. Генетические типы промышленных месторождений алмазов.

21. Кимберлитовые и лампроитовые алмазонасные трубки, их происхождение.

22. Россыпные месторождения алмазов. Проблема алмазов Украины.

23. Свойства и применение графита. Ведущие страны по запасам и добыче графита.

24. Генетические типы промышленных месторождений графита.

25. Характеристика Завальевского и других месторождений графита Украины.

26. Главные минералы слюд и их промышленное использование.

27. Генетические типы промышленных месторождений слюд.

28. Охарактеризуйте Ковдорское и Мамско-Чуйское месторождения слюд.

29. Свойства азбеста и его применение. Запасы и добыча азбеста в мире.

30. Типы жил хризотил-азбеста, их генезис.

31. Охарактеризуйте Баженовское месторождение азбеста.

## РОЗДІЛ V ГОРЮЧІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ

### ГЛАВА V ГОРЮЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

#### 5.1 Загальні відомості

Горючими корисними копалинами є нафта, газ, вугілля, горючі сланці і торф. Потреби в паливі і енергії сучасного миру майже повністю задовольняються ними, а також атомною енергетикою, частка якої постійно зростає. В Україні в 2002р вона складала 43,7% в паливно-енергетичному балансі країни, Франції – близько 70%, а в США – понад 8%. Видобуток горючих корисних копалин у всьому світі зростає: в кінці XX початку XXI ст.ст. вона складала більше 4,5млр.т вугілля (табл. 5.1), біля 3млр.т нафти і 2трл.м<sup>3</sup> газу. Горючі копалини є не тільки паливом, але і важливою хімічною і технологічною сировиною. З них одержують бензин і змашувальні матеріали, штучний каучук і пластмаси, кокс і дорожні бітуми, ізоляційні матеріали, а також величезна кількість іншої продукції промисловості, сільського господарства, повсякденного життя. Найважливішою з горючих корисних копалин є вугілля, світові ресурси якого оцінюються в 16-20трл.т, а розвідані запаси складають більш 3трл.т. В даний час і на довгу перспективу він є найнадійнішим видів палива, оскільки відомі запаси нафти і газу через 20-30 років будуть близькі до вичерпання.

*Викопним вугіллям називають* горючу гірську породу, що містить не менше 50% органічного матеріалу. Інші 50% доводяться на різні мінеральні домішки.

#### 5.1 Общие сведения

Горючими полезными ископаемыми являются уголь, нефть, газ, горючие сланцы и торф. Потребности в топливе и энергии современного мира почти полностью удовлетворяются ими, а также атомной энергетикой, доля которой постоянно возрастает. В Украине в 2002г она составляла 43,7% в топливно-энергетическом балансе страны, Франции – до 79%, а в США – свыше 9%. Добыча горючих полезных ископаемых во всем мире растет: в конце XX начале XXIв.в. она составляла свыше 4,5млр.т угля около 3млр.т нефти и 2трл.м<sup>3</sup> газа (табл. 5.1). Горючие ископаемые являются не только топливом, но и важным химическим и технологическим сырьем. Из них получают бензин и смазочные материалы, искусственный каучук и пластмассы, кокс и дорожные битумы, изоляционные материалы, а также огромное количество другой продукции для промышленности, сельского хозяйства, повседневной жизни. Важнейшим из горючих полезных ископаемых является уголь, мировые ресурсы которого оцениваются в 16-20трл.т, а разведанные запасы составляют более 3трл.т. В настоящее время и на длительную перспективу он является наиболее надежным видом топлива, т.к. известные запасы нефти и газа через 25-50 лет будут близки к исчерпанию.

*Ископаемым углем называют* горючую горную породу, содержащую не менее 50% органического материала. Остальные 50% приходятся на различные минеральные примеси.

Таблиця 5.1

Світовий видобуток вугілля в 1999-2002 р.р. (млн. т)

Країни	Роки			
	1999	2000	2001	2002
КНР	1043,6	998	1089,7	1326,0
США	998,4	974	1017,3	992,2
Індія	314,4	334,8	343,5	359,3
Австралія	294,2	291	315	341,7
Росія	249,4	257,9	269	253
ПАР	222,3	224,1	224,7	220,4
Німеччина	200,8	201	202,5	207,9
Польща	172,7	162,8	163,4	162,1
Індонезія	73,7	77	92,6	100,0
Україна	82,8	81,3	83,9	71,0
Весь світ	4357,6	4339,1	4563,7	4565,1

Таблиця 5.1

Добыча угля в 1999-2002г.г основными странами производителями (млн.т)

Страны	Года			
	1999	2000	2001	2002
КНР	1043,6	998	1089,7	1326,0
США	998,4	974	1017,3	992,2
Индия	314,4	334,8	343,5	359,3
Австралия	294,2	291,0	315,0	341,7
Россия	249,4	257,9	269,0	253
ЮАР	222,3	224,1	224,7	220,4
Германия	200,8	201,0	202,5	207,9
Польша	172,7	162,8	163,4	162,1
Индонезия	73,7	77,0	92,6	100,0
Украина	82,8	81,3	83,9	71,0
Весь мир	4357,6	4339,1	4563,7	4565,1

*Органічна маса* є продуктом перетворення захороненого рослинного матеріалу. Вона складена різними компонентами (інгредієнтами), деякі з них видні візуально, інші лише – під мікроскопом. Простим оком звичайно розрізняються

*Органическая масса* является продуктом преобразования погребенного растительного материала. Она сложена различными компонентами; некоторые из них видны визуально, другие – лишь под микроскопом.

два матових (фюзен і дюрен) і два блискучі (кларен і вітрен) інгредієнти.

*Початковим* матеріалом для утворення вугілля служили залишки болотних і озерних рослин, що нагромаджуються, у тому числі водоростів та мікроорганізмів, що перемішуються хвилями (планктон) чи населяють дно водоймищ (бентос). В наземних умовах залишки відмираючих рослин під дією кисню повітря розкладаються з утворенням газоподібних і легкокорозивних речовин, що вміщують вуглеводень. До останніх відноситься група гумусних кислот, що перешаровуються з атмосферними опадами в ґрунті. Весь цей процес перетворення органічних залишків називається *перегніванням*.

Спочатку органічний матеріал піддається дії кисню, а потім після занурення у воду і перекриття подальшим шаром відмерлих рослин доступ кисню майже припиняється, і розкладання відбувається під впливом бактерій. Кінцевим продуктом розкладу у наземно-болотних умовах є торф, і весь цей процес називається *оторфуванням*. На дні озер нагромаджуються залишки відмерлих водоростей, планктону і бентосу, а також мінерального матеріалу, які утворюють мулистий опад – сапропель. З часом озеро міліє, перетворюється на болото, і поверхня цього сапропелю стає сприятливою для торфування.

В результаті геологічних процесів поклад сапропелю чи торф'яник можуть перекриватися шарами мінеральних опадових відкладень. В цих випадках на органічний матеріал починають чинити тиск вищерозміщені опадання і глибинне тепло Землі. Відбувається ущільнення, обезводнення і деяка дегазація його,

*Исходным* матеріалом для образования углей служили накапливающиеся остатки высших и низших растений, в том числе водорослей и микроорганизмов, как перемещаемых волнами (планктон), так и населяющих дно водоемов (бентос). В наземных условиях при недостатке влаги остатки отмирающих растений под действием кислорода воздуха разлагаются с образованием газообразных и легкорастворимых углеводородсодержащих веществ. К последним относится группа гумусовых кислот, просачивающихся с атмосферными осадками в почву. Весь этот процесс превращения органических остатков называется *перегниванием*.

При избытке влаги, в условиях заболачивания, органический материал вначале подвергается действию кислорода, а затем, после погружения в воду и перекрытия последующим слоем отмерших растений доступ кислорода почти прекращается, и разложение происходит под воздействием бактерий. Конечным продуктом разложения в наземно-болотных условиях является торф, и весь этот процесс – называется *торфообразованием*. На дне озер накапливаются остатки отмерших водорослей, планктона и бентоса, а также минерального материала, образующих илистый осадок – сапропель. С течением времени озеро мелеет, превращается в болото, и поверхность накопившегося сапропеля становится благоприятной для торфообразования.

В результате геологических процессов залежи сапропеля или торфяник могут перекрываться слоями минеральных осадочных отложений. В этих случаях на органический материал начинают оказывать давление вышележащие осадки и глубинное тепло Земли. Происходит уплотнение, обезвоживание и некоторая дегазация его,



життєдіяльність бактерій поступово припиняється і торф чи сапропель перетворюються на вугілля. Процес цей можна представити як процес збагачення маси вуглецем за рахунок зменшення вмісту інших компонентів (кисню, води і, частково, водню), тому він називається *вуглефікацією*.

Залежно від складу початкового матеріалу утворюється вугілля, що має різні якості. Прийнято виділяти вугілля *гумусове*, чи гумоліти, що утворилися з вищих рослин. *Сапропелітове*, чи сапропелітами називають вугілля початковим матеріалом яких служили водорості (сапропель). Вугілля змішаного типу називається *гумусово-сапропелітовими*, чи сапропеліто-гумусовими.

В ході еволюції рослинного світу і геологічних процесів змінювався склад початкового матеріалу (водорості – псилофіти – плаунові – кордаїтові – хвойні – хвойні та листяні), співвідношення складаючи його хімічних елементів, географічні умови накопичення, мінеральний склад домішок та режим подальших перетворень накопиченої органічно-мінеральної речовини. В результаті вугілля різного геологічного віку і різних районів Землі має якісні відмінності. Якість викопного вугілля залежить від хімічного складу, фізичних і технологічних властивостей, що визначають використання вугілля в промисловості.

Для рішення цих питань у вугільній геології існує система показників якості, що складає майже з 60 параметрів. Кожний з них позначається визначеними латинськими буквеними символами. До буквеного символу додається індекс, що вказує, до якого умовного стану приводяться дані аналізу палива. Таких станів може бути декілька:

жизнедеятельность бактерий постепенно прекращается и торф или сапропель превращаются в уголь. Процесс этот можно представить как процесс обогащения массы углеродом за счет уменьшения содержания других компонентов (кислорода, воды и, частично, водорода), поэтому он называется *обуглероживанием* или *углефикацией*.

Т.к. разложение тканей высших растений в условиях заболоченности идет с образованием гуминовых кислот и их накоплением в исходном органическом материале, то сам этот процесс еще называют гуминизацией (гумификацией), а образовавшиеся из высших растений угли – *гумусовыми* или гумолитами. *Сапропелитовыми* или сапропелитами называют угли, исходным материалом для которых служили водоросли. Смешанные угли называются *гумусово-сапропелитовыми* или сапропелито-гумусовыми.

В ходе эволюции растительного мира и геологических процессов изменялись состав исходного материала (водоросли – псилофиты – плауновые – кордаитовые – хвойные – хвойные и листовые), соотношение слагающих его химических элементов, географические условия накопления, минеральный состав примесей и режим последующих преобразований накопившегося органично-минерального вещества. В результате этого угли разного геологического возраста и разных районов Земли могут иметь как сходные, так и существенно отличающиеся качественные различия. А ведь именно качество ископаемых углей – петрографический и элементный состав, физические и технологические свойства, параметры технического анализа и обогатимость позволяют выяснить, является ли данное углепроявление месторождением полезного ископаемого и определить пути

1) робоче (індекс г) – із загальною вологою і золюю, з яким вугілля добувається і використовується;

2) аналітичний стан (індекс а) – відповідає розмеленої до 0,2мм лчираторній пробі із змістом вологи, що відповідає лчираторному приміщенню;

3) сухе (індекс d) – без загальної вологи (крім гідратної);

4) сухе беззольне (індекс daf) – без загальної вологи і зольності;

5) вологе беззольне (індекс af) – без золи, з урахуванням вологості (вологоємності);

б) органічної маси вугілля (індекс о) з виключенням вологи і мінеральної маси.

## 5.2 Фізичні властивості вугілля

Фізичні властивості вугілля характеризують природний стан корисної копалини та відносяться до найважливіших параметрів, що визначають технологію його видобутки та використання. До числа основних відносять блиск, колір, твердість, ламкість, тріщинуватість, злам, механічна міцність, електричні властивості, термічна стійкість, щільність та гранулометричний склад.

*Блиск та колір* вугілля визначаються, в основному, їх належністю до інгредієнтів (типам вугілля) та стадій метаморфі-

его переробки и использования.

Для решения этих вопросов в угольной геологии существует система показателей качества, состоящая почти из 60 параметров. Каждый из них обозначается определенными латинскими буквенными символами. К буквенному символу добавляется индекс, который указывает, к какому условному состоянию приводятся данные анализа топлива. Таких состояний может быть несколько:

1) рабочее (индекс г) – с общей влагой и золой, с которой уголь добывается и используется;

2) аналитическое состояние (индекс а) – соответствует размолотой до 0,2мм лабораторной пробе с содержанием влаги, соответствующим лабораторному помещению;

3) сухое (индекс d) – без общей влаги (кроме гидратной);

4) сухое беззольное (индекс daf) – без общей влаги и зольности;

5) влажное беззольное (индекс af) – без золи, с учетом влажности (влагоёмкости);

б) органической массы угля (индекс о) с исключением влаги и минеральной массы.

## 5.2 Физические свойства углей

Физические свойства углей характеризуют естественное состояние полезного ископаемого и относятся к числу важнейших параметров, определяющих технологию его добычи и использования. К числу основных относятся блеск, цвет, твердость, хрупкость, трещиноватость, излом, механическая прочность, электрические свойства, термическая стойкость, плотность и гранулометрический состав.

*Блеск и цвет* угля определяются, в основном, их принадлежностью к ингредиентам (типам углей) и стадией метамор-

зму (маркою). Блеск вугілля за інтенсивністю змінюється від матового до блискучого у залежності від петрографічного складу, за характером (для блискучих інгредієнтів) в залежності від стадії метаморфізму – від жирного (Б), смоляного (Д), слабо скляного (Г), сильно скляного (Ж, К), алмазного (П), металевого (А).

Колір гумусового вугілля змінюється від ясно-коричневого та темно-коричневого (буре вугілля) до темно-бурих і чорних тонів (кам'яне вугілля і антрацити). Колір риси вітрену на фарфоровій пластинці змінюється від ясно-коричневого (Б) до темно-коричневого (Д), коричнево-чорного (Г) та чорного (К, ОС, П), чорного та темно-сірого (А).

*Твердість* – за мінералогічною твердістю вугілля дуже різні – від 1 у бурих, до 5 у суперантрацитів; твердість кам'яного вугілля від 2,5 до 4. Додатково при петрографічних дослідженнях визначається мікротвердість (кг/мм<sup>2</sup>) і мікрокрихткість (число тріщин на одиницю довжини) методом вдавнення алмазної піраміди.

*Тріщинуватість* у вугіллях має різне походження. Вона може бути *ендогенною* (ендокліваж) і *екзогенною* (тріщини вивітрювання і тектонічні). Ендокліваж виникає як результат взаємодії макромолекулярних перетворень вугілля при його ущільненні на великих глибинах і наступного зняття навантажень при інверсії, в умовах впливу загальнопланетарних пульсацій об'єму земної кулі і ротаційних процесів. *Тектонічні тріщини* є результатом руйнування порід і вугілля під впливом тектонічних напруг, а *тріщини вивітрювання* – є наслідком впливу на товщу атмосферних опадів і кліматичних факторів.

Як правило, ендогенна тріщинуватість складається із систем тріщин, орієнтова-

физма (маркой). Блеск угля по интенсивности изменяется от матового до блестящего в зависимости от петрографического состава, и по характеру (для блестящих ингредиентов) в зависимости от стадии метаморфизма – от жирного (Б), смоляного (Д), слабого стеклянного (Г); сильного стеклянного (Ж, К), алмазного (Т) и металлического (А).

Цвет гумолитов изменяется от светло-коричневых и темно-коричневых (бурые угли) до темно-серых и черных тонов (каменные угли и антрациты) Цвет черты витрена на фарфоровой пластинке изменяется от светло-коричневого (Б) до темно-коричневого (Д), коричнево-черного (Г) и черного (К, ОС, Т), черного и темно-серого (А).

*Твердость* – по минералогической твердости угли весьма различны – от 1 у бурых, до 5 у суперантрацитов; твердость каменных углей от 2,5 до 4. Дополнительно при петрографических исследованиях определяется микротвердость (кгс/мм<sup>2</sup>) и микрохрупкость (число трещин на единицу длины) методом вдавливания алмазной пирамиды.

*Трещиноватость* в углях имеет различное происхождение. Она может быть *эндогенная* (эндокливаж) и *экзогенная* (трещины выветривания и тектонические). Эндокливаж возникает как результат взаимодействия макромолекулярных превращений угля при его уплотнении на больших глубинах и последующего снятия нагрузок при инверсии, в условиях воздействия общепланетарных пульсаций объема земного шара и ротационных процессов. *Тектонические трещины* являются результатом разрушения пород и углей под воздействием тектонических напряжений, а *трещины выветривания* – следствием воздействия на толщу атмосферных осад-

них майже ортогонально один до одного і спрямованих нормально до нашарування, тому їх часто називають ще нормально січними тріщинами. У сполученні з тріщинами нашарування вони створюють кубічні, призматичні і пластинчасті форми відокремлень. Відстані між тріщинами в системі в бурому вугіллі 5-10 см і більше, у кам'яних від 0,1 до 1 см та в антрацитах 0,5-1 см. Тріщини ендокліважу часто бувають заповнені карбонатами. У межах шахтного поля може фіксуватися де кілька систем таких тріщин. Простягання основних систем тріщин ендокліважу відповідає меридіональному і широтному напрямкам у період інверсії.

Частота й елементи залягання тектонічної (екзогенної) кососпрямованої тріщинуватості залежать від величин і напрямку дії тектонічних напруг, що виникають у вугленосній товщі, швидкості їхнього наростання і літологічного складу порід. Дуже часто ендегенна тріщинуватість пристосовується до вже існуючих систем екзогенних тріщин. Системи тектонічних тріщин відрізняються різноманіттям орієнтувань стосовно нашарування. Разом з тим елементи їх простягання тяжіють до простягання ендегенних тріщин.

Тріщини вивітрювання мають клиноподібну форму і розвинуті в межах зони вивітрювання.

*Злам* вугіль поза площинами нашарування, тріщинуватості й відділень має струмінчатий, раковистий, землистий, заїдликий, кутастий і східчастий характер.

*Механічна міцність* відбиває здатність зразків вугілля зберігати первісні розміри при постійному збільшенні навантажень, ударах і стиранні. Визначається шляхом руйнування вугіль під пресом, методом

ков и климатических факторов.

Как правило, эндогенная трещиноватость состоит из систем трещин, ориентированных почти ортогонально друг к другу и направленных нормально к напластованию, поэтому их часто называют еще нормально секущими трещинами. В сочетании с трещинами напластования они создают кубические, призматические и пластинчатые формы отдельности. Расстояния между трещинами в системе у бурых углей 5-10 см и более, у каменных от 0,1 до 1 см и у антрацитов 0,5-1 см. Трещины эндокливажа часто бывают заполнены карбонатами. В пределах шахтного поля может фиксироваться несколько систем таких трещин. Простирание основных систем трещин эндокливажа обычно соответствует меридиональному и широтному направлениям в период инверсии.

Частота и элементы залегания тектонической (экзогенной) косонаправленной трещиноватости зависят от величин и направления действия тектонических напряжений, возникающих в угленосной толще, скорости их нарастания и литологического состава пород. Очень часто эндогенная трещиноватость приспособляется к уже существующим системам экзогенных трещин. Системы тектонических трещин отличаются многообразием ориентировок по отношению к напластованию. Вместе с тем элементы их простирания тяготеют к простиранию эндогенных трещин.

Трещины выветривания имеют клиновидную форму и развиты в пределах зоны выветривания.

*Излом* углей вне плоскостей напластования, трещиноватости и отдельности имеет струйчатый, раковистый, землистый, занозистый, угловатый и ступенчатый характер.

товчіння і стирання в барабанах. Цей показник близький до розмолотості і важливий для вугілля, перевезених судами, у виробництві термоантрацитів, газифікації, у геохімічних розрахунках і т.д.

*Термічна стійкість* – механічна міцність вугілля в шматках після термічної обробки при температурі  $900 \pm 25^\circ$ . Показник важливий при використанні вугілля у топках різного призначення.

*Електричні властивості* – характеризують здатність пропускати електричний струм. Бурі вугілля через високу вологість гарні провідники. Кам'яні вугілля низьких стадій метаморфізму можна розглядати як діелектрики, середніх – як напівпровідники, а антрацити – як провідники. Для вугілля характерна властивість поляризованості.

*Щільність вугілля* – визначається стадією метаморфізму, зольністю, наявністю тріщин, порожнин і пір. Обсяг пір і тріщин, що сполучаються з зовнішнім середовищем і віднесені до одиниці об'єму чи маси вугілля, називається відкритою пористістю, а обсяг пір, що не сполучаються з зовнішнім середовищем в одиниці чи маси обсягу вугілля, називається закритою пористістю.

Враховуючи наявність порожнин пір і тріщин, розрізняють природну щільність  $[d_r]$  – відношення маси вугілля до його обсягу без обліку обсягу порожнин тріщин і пір, і уявну щільність  $[d_a]$  – відношення маси вугілля до його обсягу, включаючи обсяг порожнин тріщин і пір.

Уявну щільність використовують при визначенні запасів корисних копалин у надрах. Її величина змінюється в межах: до 1,1 – у бурих, 1,2-1,35 – у кам'яних і 1,4-1,78 г/см<sup>3</sup> – антрацитів. При обліку корисної копалини використовують по-

*Механическая прочность* отражает способность образцов угля сохранять первоначальные размеры при постоянном увеличении нагрузок, ударах и истирании. Определяется путём разрушения углей под прессом, методом толчения и истирания в барабанах. Этот показатель близок к размолоспособности и важен для углей, перевозимых судами, в производстве термоантрацитов, газификации, в геохимических расчетах и т.д.

*Термическая стойкость* – механическая прочность угля в кусках после термической обработки при температуре  $900 \pm 25^\circ$ . Показатель важен при использовании углей в топках различного назначения.

*Электрические свойства* – характеризуют способность пропускать электрический ток. Бурые угли из-за высокой влажности хорошие проводники. Каменные угли низьких стадий метаморфизма можно рассматривать как диелектрики, средних – как полупроводники, а антрациты – как проводники. Для углей характерно свойство поляризованости.

*Плотность угля* – определяется стадией метаморфизма, зольностью, наличием трещин, пустот и пор. Объем пор и трещин, сообщающихся с внешней средой и отнесенный к единице объема или массы угля, называется открытой пористостью, а объем пор, не сообщающихся с внешней средой в единице массы или объема угля, называется закрытой пористостью.

Учитывая наличие полостей пор и трещин, различают действительную плотность  $[d_r]$  – отношение массы угля к его объему без учета объема полостей трещин и пор, и кажущуюся плотность  $[d_a]$  – отношение массы угля к его объему, включая объем полостей трещин и пор.

Кажущуюся плотность используют при

няття «насіпна щільність» – відношення маси відбитого вугілля до його обсягу, встановленому за допомогою умовних одиниць – вагонеток, мірних шухляд, залізничних вагонів і т.і.

*Температура запалення* вугілля приймається для бурого вугілля – 250-450°C, для кам'яних з виходом летучих ( $V^{\text{daf}}$ ) більш 20% – 300-350°C, менш 20% – 500°C. Пісні й антрацити спалахують при 650-800°C.

### 5.3 Петрографічні інгредієнти і макроструктура вугіля. Мінеральні включення

Індивідуальні складові частини вугілля іменуються інгредієнтами, що виділяються по зовнішньому вигляду. У визначених співвідношеннях вони утворюють однорідну, смужчасту чи штриховату макроструктуру вугілля. Шари макроскопічно складаються з двох пластоутворюючих інгредієнтів: найбільш розповсюдженого блискучого – *кларену* (лат. *clar* – чистий), менш розповсюдженого матового *дюрену* (*durus* – твердий) і інгредієнтів-включень блискучого – *витрену* та матового – *фюзену*.

*Кларен* (кларенове вугілля) складає шари чи пачки і складається з переважної геліфікованої (склоподібної) основної маси. Завдяки цьому він має добре виражений блиск від жирного – Б<sub>3</sub>, смоляного – Д, скляного – Ж, К, ОС, алмазного – Т.

*Дюрен* (дюренове вугілля) складається з різнорідних мікрокомпонентів: спор, водоростей, кутикули, фюзену, ксилену й

определении запасов полезного ископаемого в недрах. Её величина изменяется в пределах: до 1,1 – у бурых, 1,2-1,35 – у каменных и 1,4-1,78г/см<sup>3</sup> – антрацитов. При учете полезного ископаемого используют понятие «насыпная плотность» – отношение массы отбитого угля к его объему, установленному с помощью условных единиц – вагонеток, мерных ящиков, ж.д. вагонов и т.д.

*Температура воспламенения* углей принимается для бурых углей – 250-450°C, для каменных с выходом летучих ( $V^{\text{daf}}$ ) более 20% – 300-350°C, менее 20% – 500°C. Тощие и антрациты воспламеняются при 650-800°C.

### 5.3 Петрографические ингредиенты и макроструктура углей. Минеральные включения

Выделяемые по внешнему виду индивидуальные составные части углей именуются ингредиентами. В определенных соотношениях они образуют однородную, полосчатую или штриховатую макроструктуру угля. Пласты макроскопически состоят из двух пластообразующих ингредиентов: наиболее распространенного блестящего – *кларена* (лат. *clar* – чистый), менее распространенного матового *дюрена* (*durus* – твёрдый) и ингредиентов-включений блестящего – *витрена* и матового – *фюзена*.

*Кларен* (клареновый уголь) слагает пласты или пачки и состоит из преобладающей гелифицированной (стекловидной) основной массы. Благодаря этому он имеет хорошо выраженный блеск от жирного – Б<sub>3</sub>, смоляного – Д, стеклянного – Ж, К, ОС, алмазного – Т.

*Дюрен* (дюреновый уголь) состоит из разнородных микрокомпонентов: спор,

основної маси – вітриніту. Він утворює значні за потужністю пачки (до 0,5м), часто цілі шари (Підмосковний басейн). Його шари мають велику твердість і в'язкість.

*Вітрен* (вітренове вугілля) легко розпізнається. Він має сильний блиск, тріщинуватість, перпендикулярного на шарування, плоскораковистим зламам. У шарах він включений у кларен чи дюрен слойками від 1 до 15мм, рідка до 10см. Звичайно він малозольний (1-25).

*Фюзен* (фюзенове вугілля) утворює слойки 1-2мм і лише рідка до 25мм. Його відмінними рисами є матовий чи слабко шовковистий блиск, чорний колір, висока крихкість, сажистість, волокниста будова.

У Кузбасі та Середній Азії фюзен цілком складає окремі вугільні шари та пачки.

Крім виділень макроскопічних інгредієнтів кожен шар (чи його шар) складається з ряду мікрокомпонентів, вивчаємих під мікроскопом. Мікрокомпонентний склад визначає багатьох властивостей вугілля, тобто є класифікаційним показником. Середній сумарний зміст фюзенизованих мікрокомпонентів ( $\Sigma$ ОК) визначає спіклівість вугілля, а по середньому показнику відбивної здатності вітриніту ( $R_0\%$ ) визначають їх стадію метаморфізму.

Основні мінеральні включення у вугільних шарах і їх типи, приведені в таблиці 5.2. Вони є баластовими, що погіршують якісні показники корисної копалини.

водорослей, кутикулы, фюзена, ксилена и основной массы – витринита. Он образует значительные по мощности пачки (до 0,5м), довольно часто целые пласты (Подмосковный бассейн). Его слои имеют большую твердость и вязкость.

*Витрен* (витреновый уголь) легко распознается. Он обладает сильным блеском, трещиноватостью, перпендикулярной наслоению, плоскораковистым изломам. В пластах он включен в кларен или дюрен слойками от 1 до 15мм, изредка до 10см. Обычно он малозольный (1-25).

*Фюзен* (фюзеновый уголь) образует слойки 1-2мм и лишь изредка до 25мм. Его отличительными особенностями являются матовый или слабый шелковистый блеск, черный цвет, высокая хрупкость, сажистость, волокнистое строение.

В Кузбассе и Средней Азии фюзен слагает целые угольные пласты и пачки.

Кроме выделяемых макроскопически ингредиентов каждый пласт (или его слой) состоит из ряда микрокомпонентов, определяемых под микроскопом. Микрокомпонентный состав определяет многие свойства углей, т.е. является классификационным показателем. Среднее суммарное содержание фюзенизированных микрокомпонентов ( $\Sigma$ ОК) предопределяет спекаемость углей, а по среднему показателю отражательной способности витринита ( $R_0\%$ ) определяют их стадию метаморфизма.

Основные минеральные включения в угольных пластах и их типы приведены в таблице 5.2. Они являются балластными, ухудшающими качественные показатели полезного ископаемого.

Таблиця 5.2

## Мінеральні включення у вугільних шарах

Тип мінералізації		Мінеральний склад	Форма знаходження у вугільних шарах
За часом утворення	За способом утворення: Т – теригенні; А – аутигенні		
Сінгенетичні	Т – Механічні уламкові, ерозійно-аккумулятивні	Кварц, польовий шпат, глинисті мінерали - каолінит, гідрослюди; слюди, хлорит та ін. Уламки порід	Прошарки, лінзи, вкраплення, дисперсія, домішка
	А – Успадковані з рослинної маси	Металоорганічні сполуки Са, Mg, К; елементоорганічні сполуки S і Р, сорбіровані елементи	Дисперсні домішки непомітні під мікроскопом
	А – Хімічні з проточних, торф'яних і підземних вод	Сульфіди – пірит, сфалерит та ін. Карбонати – кальцит, сідерит та ін.	Конкреції, лінзи, прошарки, одиничні вкраплення, топка суміш
Епігенетичні	Т – Механічні	Уламки вміщуючих порід	Окремі включення у розвальцьованому вугіллі
	Т – Інфільтраційні механічні	Тонкодисперсна алевритова та пелитова маса	Заповнення тріщин і пор
	А – Інфільтраційні хімічні	Сульфіди – пірит, сфалерит та ін. Карбонати – кальцит, сідерит, сульфати – гіпс та ін.	Заповнення тріщин і пор

Таблиця 5.2

## Мінеральні включення в угольних пластах

Тип мінералізації		Мінеральний склад	Форма знаходження в угольних пластах
По времени образования	По способу образования: Т – терригенные; А – аутигенные		
Сингенетичные	Т – Механические обломочные, эрозивно-аккумулятивные	Кварц, полевой шпат, глинистые минералы – каолинит, гидрослюды; слюды, хлорит и др. Обломки пород	Прослойки, линзы, вкрапления, дисперсия, примесь



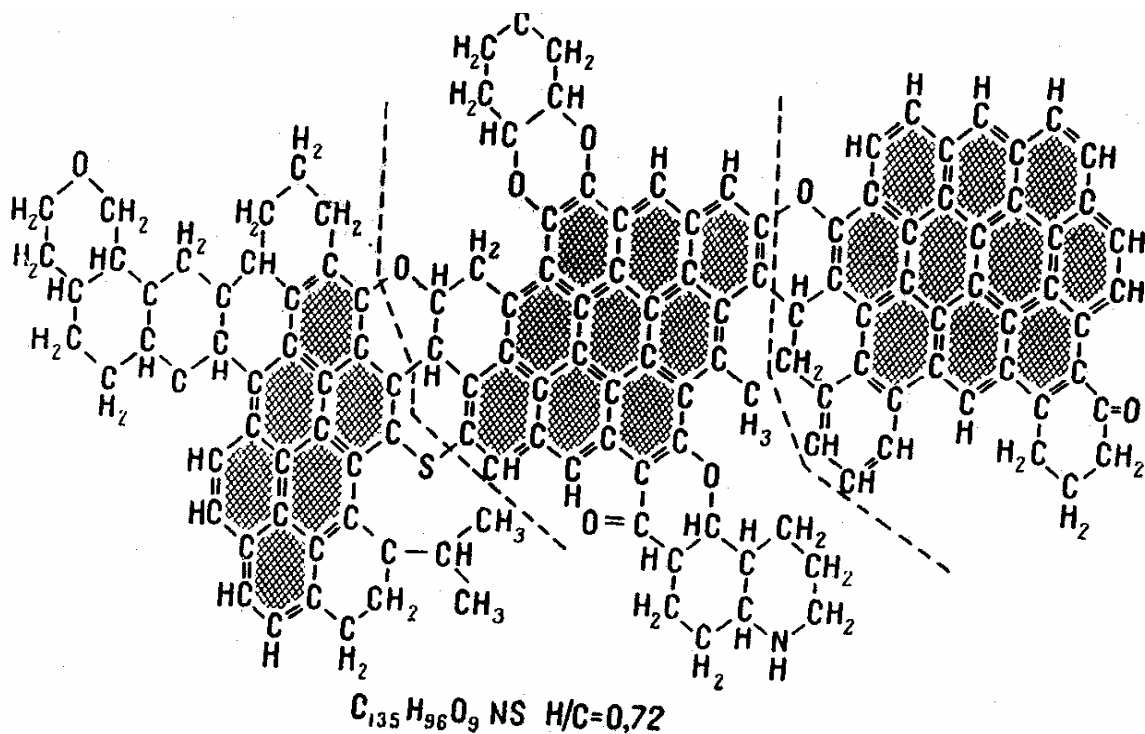
	А – Унаследованные из растительной массы	Металлоорганические соединения Ca, Mg, K; элементарноорганические соединения S и P, сорбированные элементы	Дисперсные примеси неразличимые под микроскопом
	А – Химические из прочных, торфяных и подземных вод	Сульфиды – пирит, сфалерит и др. Карбонаты – кальцит, сидерит и др.	Конкреции, линзы, прослойки, единичные вкрапления, тонкая примесь
Эпигенетические	Т – Механические	Обломки вмещающих пород	Отдельные включения в развальцованном угле
	Т – Инфильтрационные механические	Тонкодисперсная алевритовая и пелитовая масса	Заполнения трещин и пор
	А – Инфильтрационные химические	Сульфиды – пирит, сфалерит и др. Карбонатиты – кальцит, сидерит, сульфаты – гипс и др.	Заполнения трещин и пор

#### 5.4 Елементний склад вугілля

*Елементний склад* характеризує зміст хімічних елементів в органічній масі вугілля. Основними з них є вуглець, водень, кисень, азот, органічна сірка (So) і фосфор. Перші чотири елементи утворюють складне органічне макромолекулярне з'єднання (мал. 5.1) і забезпечують головну властивість корисної копалини – теплотворну здатність. Останні два є баластами, погіршують енергетичні показники вугілля і зменшують область його застосування в різних технологічних процесах. Варто розуміти, що при накопиченні початкового вуглеутворюючого матеріалу в нього привносяться продукти руйнування гірських порід. У зв'язку з цим речовина вугілля складається з двох частин – *органічної* і *мінеральної*.

#### 5.4 Элементный состав

*Элементный состав* характеризует содержание химических элементов в органической массе углей. Основными из них являются углерод, водород, кислород, азот, органическая сера (So) и фосфор. Первые четыре элемента образуют сложное органическое макромолекулярное соединение (рис. 5.1) и обеспечивают главное свойство полезного ископаемого – теплотворную способность. Последние два являются балластами, ухудшают энергетические показатели угля и сужают область его применения в различных технологических процессах. Следует понимать, что при накоплении исходного углеобразующего материала в него привносятся продукты разрушения горных пород. В связи с этим вещество угля состоит из двух частей – *органической* и *минеральной*.



Мал.5.1. Модель макромолекули вугільної речовини по ван Кревелену (1960)  
 Рис.5.1. Модель макромолекулы угольного вещества по ван Кревелену (1960)

У мінеральній частині (див. табл. 5.2) також можуть бути вуглець, водень, кисень і азот, але вони містяться там у виді карбонатів, оксидів, сульфатів, сульфідів, силікатів, гідратної води і зрідка в самородному виді. Усереднений елементний склад органічної маси твердих горючих копалин і його зміни в процесі діа-, ката- та метабіогенетичних перетворень наведені в табл. 5.3.

В мінеральній частині (см. табл. 5.2) також можуть бути вуглець, водень, кисень і азот, але вони містяться там у виді карбонатів, оксидів, сульфатів, сульфідів, силікатів, гідратної води і зрідка в самородному виді. Усереднений елементний склад органічної маси твердих горючих ископаємих і його зміни в процесі діа-, ката- та метабіогенетичних перетворень наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Склад органічної маси твердих горючих копалин (%),  
 (по О.О. Гапееву)

Види горючих	С	О	Н	Н
Деревина	50	43	6,0	1,0
Торф	59	33	6,0	2,0
Буре вугілля	69	25	5,5	до 0,8
Кам'яне вугілля	82	13	5,0	0,8
Антрацит	95	2,5	2,5	сліди

Состав органической массы твердых горючих ископаемых (%),  
(по А.А.Гапееву)

Виды горючих	С	О	Н	N
Древесина	50	43	6,0	1,0
Торф	59	33	6,0	2,0
Бурый уголь	63	25	5,5	до 0,8
Каменный уголь	82	13	5,0	0,8
Антрацит	98	2,5	2,5	следи

Як видно на мал. 5.1 і в таблиці 5.3, вуглець є основним елементом вихідного вуглеутворюючого матеріалу і твердих паливних корисних копалин. Процес вуглеутворення полягає в постійному збільшенні його змісту від 50% у вихідній деревині до 98% в антрацитах. Зміст водню в гумолітах, навпаки, у міру росту метаморфізму (вуглефікації) знижується від 4-6% у бурих вугіллях і до 1-3% в антрацитах. У сапропелітах воно коливається від 5,2 до 18% і залежить від типу вихідного матеріалу й умов утворення. Кисень у вихідному матеріалі входить до складу хімічних сполук з вуглецем і в міру збільшення вуглефікації його зміст у гумолітах зменшується від 20-30% у бурих вугіллях і до 0,1-2% в антрацитах. У сапропелітах зміст кисню коливається від 5,2 до 31%. Азоту у вугіллях небагато – 0,1-5,7%. Підвищення його змісту (4-5,7%) знижує теплотворну здатність вугілля. У процесі коксування він утворює аміак і інші азотисті речовини.

Сірка в будь-якому виді є компонентом, що погіршує якість корисної копалини. Найбільший її зміст (до 30%) відзначається в бурих вугіллях, найменше – в антрацитах (0,1-2,5%). Однак, незважаючи на загальну закономірність зменшення змісту сірки в міру росту ступеню вуглефікації, на локальних ділянках можливі істотні відхилення у бік збільшення.

Как видно на рис. 5.1 и в таблице 5.3, углерод является основным элементом исходного углеобразующего материала и твердых горючих полезных ископаемых. По сути, процесс углеобразования заключается в постоянном увеличении его содержания от 50% в исходной древесине до 98% в антрацитах. Содержание водорода в гумолитах, наоборот, по мере роста метаморфизма (углефикации) снижается от 4-6% в бурых углях и до 1-3% в антрацитах. В сапропелитах оно колеблется от 5,2 до 18% и зависит от типа исходного материала и условий образования. Кислород в исходном материале входит в состав химических соединений с углеродом и по мере увеличения углефикации его содержание в гумолитах уменьшается от 20-30% в бурых углях и до 0,1-2% в антрацитах. В сапропелитах содержание кислорода колеблется от 5,2 до 31%. Азота в углях немного – 0,1-5,7%. Повышение его содержания (4-5,7%) снижает теплотворную способность углей. В процессе коксования он образует аммиак и другие азотистые вещества.

Сера в любом виде является компонентом, ухудшающим качество полезного ископаемого. Наибольшее ее содержание (до 30%) отмечается в бурых углях, наименьшее – в антрацитах (0,1-2,5%). Однако, несмотря на общую закономерность уменьшения содержания серы по мере роста степени углефикации, на локальных

У вугіллях паралічеських (морських) басейнів зміст сірки вище, ніж у вугіллях, що утворилися в лімнічеських (озерних) басейнах. Фосфор у вугіллях міститься в незначних кількостях, звичайно до 0,05%. Його зміст в енергетичних вугіллях практичного значення не має і лімітується лише при одержанні визначених сортів коксу (менш 0,012%) і карбиду кальцію з антрацитів (менш 0,05%). Зміст фосфору визначають у золі вугілля.

Поряд з основними елементами у вугіллях у малих кількостях (тисячні і менш частки відсотків) міститься ряд як корисних, так і токсичних, шкідливих компонентів. Як корисні, найбільше промислове значення мають уран, германій, галій, ванадій, молибден, рений, срібло, свинець, цинк. До потенційно шкідливих і токсичних елементів відносять миш'як, хлор, берилій, кобальт, ванадій, марганець, нікель, ртуть, свинець, фтор, хром. При цьому, такі елементи, як ванадій, свинець, цинк, входять до обох груп. Мінімальні змісти (г/т. сухого вугілля) шкідливих і токсичних елементів, при яких вугілля відносяться до потенційно небезпечних, складають: миш'як – 300, берилій – 50, ванадій – 100, кобальт – 100, марганець – 1000, нікель – 100, ртуть – 1, свинець – 50, селенів – 1000, фтор – 500, хром – 100.

### **5.5 Технологічні та технічні властивості вугілля**

Поняття «*технічні властивості вугілля*» поєднує перелік показників якості, що визначають у всіх випадках і дозволяють зробити висновок чи маємо ми

участках возможны существенные отклонения в сторону увеличения. В углях параллических (морских) бассейнов содержание серы выше, чем в углях, образовавшихся в лимнических (озерных) бассейнах. Фосфор в углях содержится в незначительных количествах, обычно до 0,05%. Его содержание в энергетических углях практического значения не имеет и лимитируется лишь при получении определенных сортов кокса (менее 0,012%) и карбида кальция из антрацитов (менее 0,05%). Содержание фосфора определяют в золе угля.

Наряду с основными элементами в углях в малых количествах (тысячные и менее доли процентов) содержится ряд как полезных, так и токсичных, вредных компонентов. Как полезные, наибольшее промышленное значение имеют уран, германий, галлий, ванадий, молибден, рений, серебро, свинец, цинк. К потенциально вредным и токсичным элементам относят мышьяк, хлор, бериллий, кобальт, ванадий, марганец, никель, ртуть, свинец, фтор, хром. При этом, такие элементы, как ванадий, свинец, цинк, входят в обе группы. Минимальные содержания (г/т. сухого угля) вредных и токсичных элементов, при которых угли относятся к потенциально опасным, составляют: мышьяк – 300, бериллий – 50, ванадий – 100, кобальт – 100, марганец – 1000, никель – 100, ртуть – 1, свинец – 50, селен – 1000, фтор – 500, хром – 100.

### **5.5 Технические и технологические свойства углей**

Понятие «*технические свойства углей*» объединяет перечень показателей их качества, которые определяют во всех случаях и позволяют сделать вывод – имеем ли мы

справа з корисними копалинами. Технологічні властивості визначають схему переробки корисної копалини (підготовку до використання) і напрямок його використання. До технічних властивостей відносяться вологість (W), зольність (A), зміст сірки (S), вихід летучих речовин (V) та теплота згорання (Q) вугілля. До технологічних параметрів відносяться збагаченість, коксівність, спіклівість, зміст цінних і шкідливих компонентів, температура плавлення і склад золи, а також ряд інших. Деякі параметри, як, наприклад, вихід летучих речовин, відносяться як до технічних, так і технологічних.

*Вологість* вкопного вугілля підрозділяється на де кілька видів: поверхневу, загальну, гідратну і пірогенетичну. Зовнішня волога знаходиться на поверхні шматків добутого вугілля. Вона віддаляється з кам'яних вугілля висушуванням, а з бурих – вижиманням під чи пресом за допомогою зовнішніх сорбентів. Залишилося після її видалення кількість вологи в куті характеризує його максимальну вологостемність у природному стані  $W_t(W_{max})$ . Це так звана загальна волога.

*Загальна волога* складається з зовнішньої ( $W_{ex}$ ) і повітряно-сухий ( $W_h$ ).  $W_t(W_{max})=W_{ex}+W_h$ . Зовнішня волога – вільними, утримуваними капілярними силами, у відкритих тріщинах і порах, на поверхні вугілля. Волога повітряно-сухого вугілля представлена водою, що знаходиться в порах, що утримується гідрофільними властивостями часток вугілля. Вода, що міститься в кристалічних ґратках мінеральних домішок в органічній речовині називається відповідно гідратною ( $W_m$ ) і пірогенетичною ( $W_{sk}$ ). Ці види вологи віддаляються при коксуванні, напівкоксуванні і прожарюванні.

*Зольність вугілля* відбиває процентне

дело с полезным ископаемым или нет. Технологические свойства определяют схему переработки полезного ископаемого (подготовку к использованию) и направление его использования. К техническим свойствам относятся влажность (W), зольность (A), содержание (S) серы, выход летучих (V) веществ и теплота сгорания (Q) угля. К технологическим параметрам относятся обогатимость, коксуемость, спекаемость, содержание ценных и вредных компонентов, температура плавления и состав золы, а также ряд других. Некоторые параметры, как, например, выход летучих веществ, относятся как к техническим, так и технологическим.

*Влажность* ископаемых углей подразделяется на несколько видов: поверхностную, общую, гидратную и пирогенетическую. Внешняя влага находится на поверхности кусков добытого угля. Она удаляется из каменных углей высушиванием, а из бурых – выжиманием под прессом или с помощью внешних сорбентов. Оставшееся после её удаления количество влаги в угле характеризует его максимальную влагостемность в естественном состоянии  $W_t(W_{max})$ . Это так называемая общая влага.

*Общая влага* состоит из внешней ( $W_{ex}$ ) и воздушно-сухой ( $W_h$ ).  $W_t(W_{max})=W_{ex}+W_h$ . Внешняя влага – свободная, удерживаемая капиллярными силами, в открытых трещинах и порах, на поверхности угля. Влага воздушно-сухого угля представлена водой, находящейся в поровых пространствах, удерживаемая гидрофильными свойствами частиц угля. Вода, содержащаяся в кристаллических решетках минеральных примесей в органическом веществе называется соответственно гидратной ( $W_m$ ) и пирогенетической ( $W_{sk}$ ). Эти виды влаги удаляются при коксовании, полукоксовании и прокаливании.

відношення маси непального залишку, отриманого при спалюванні палива, до маси досліджуваного обсягу вугільного матеріалу. У куті зола міститься у виді внутрішньої (рослинної, конституційної), хімічно зв'язаної з органічною речовиною (неорганічні домішки, що входять у рослини вуглетвірники) і зовнішньої, що складається з мінеральних включень, породних прошарків і уламків вмещаючи порід. Внутрішня зола (1-10%) практично не віддаляється, а зовнішня – частково витягається при збагаченні.

При складній будови шару розрізняють зольність чистих вугільних пачок ( $A^d$ ) і зольність породних прошарків і порід, що вмещають, ( $A^d_{\text{пор}}$ ). При оцінці кондиційності по зольності шарів складної будови розраховують середньозважену виємочну зольність по сумі вугільних пачок і породних прошарків, а іноді і що засмічують шарів порід покрівлі і ґрунту. Кондиційною межею виємочної зольності для вугіль України вважається інтервал 30-40%. Шари з зольністю вище 40% оцінюються як *збалансові*, а більш ніж 45% як такі, що не підраховуються. Важливе значення придається складу і властивостям золи. У ряді випадків у неї можуть міститися підвищені концентрації Ag, Co, В, Al, коштовних Au, Pt і інших коштовних компонентів. Плавкість золи оцінюється по температурах початку деформації ( $t_a$ ), спікання ( $t_s$ ), плавлення ( $t_b$ ) і рідко-плавкового стану ( $t_c$ ). У залежності від граничної температури плавлення зола підрозділяється на три групи: - тугоплавку ( $t_b > 14000$ ), середньоплавку ( $t_b = 1200-1350^0$ ) і легкоплавку ( $t_b < 1200^0$ ).

Вихід летучих речовин ( $V^{\text{daf}}$ ) – визначають при термічному впливі на вугілля ( $t = 850 \pm 10^0$ ) протягом 7 хвилин без доступу повітря. Летучі продукти, що при

*Зольність угля* отражает процентное отношение массы негорючего остатка, полученного при сжигании топлива, к массе исследуемого объема угольного материала. В угле зола содержится в виде внутренней (растительной, конституционной), химически связанной с органическим веществом (неорганические примеси, входящие в растения углеобразователи) и внешней, состоящей из минеральных включений, породных прослоев и обломков вмещающих пород. Внутренняя зола (1-10%) практически не удаляется, а внешняя – частично извлекается при обогащении.

При сложном строении пласта различают зольность чистых угольных пачек ( $A^d$ ) и зольность породных прослоев и вмещающих пород ( $A^d_{\text{пор}}$ ). При оценке кондиционности по зольности пластов сложного строения рассчитывают средневзвешенную выемочную зольность по сумме угольных пачек и породных прослоев, а иногда и засоряющих слойков пород кровли и почвы. Кондиционным пределом выемочной зольности для углей Украины считается интервал 30-40%. Пласты с зольностью выше 40% оцениваются как *збалансові*, а свыше 45% как *неподсчитываемые*. Важное значение придается составу и свойствам золи. В ряде случаев в ней могут содержаться повышенные концентрации Ag, Co, В, Al, ценных Au, Pt и других ценных компонентов. Плавкость золи оценивается по температурам начала деформации ( $t_a$ ), спекания ( $t_s$ ), плавления ( $t_b$ ) и жидко-плавкового состояния ( $t_c$ ). В зависимости от предельной температуры плавления зола подразделяется на три группы: - тугоплавкую ( $t_b > 14000$ ), среднеплавкую ( $t_b = 1200-1350^0$ ) и легкоплавкую ( $t_b < 1200^0$ ).

Выход летучих веществ ( $V^{\text{daf}}$ ) – определяют при термическом воздействии на

цьому утворюються представлені первинним дьогтем (з бурого вугілля) чи кам'яновугільною смолою (з кам'яного вугілля), газами ( $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ) пароподібними вуглеводнями, їх похідними і водою. В міру росту вуглефікації вихід летучих знижується від 70-50% у бурих вугілі до 1,5% у антрацитів.

Для класифікації антрацитів при  $V^{daf} < 8\%$  визначають об'ємний вихід летучих ( $V^v$ ). Він відбиває обсяг ( $cm^3$ ) летучих речовин, що виділилися, при нагріванні 1м антрациту без доступу повітря протягом 15хв. В інтервалі значень  $V^{daf}$  1,5 – 9% величина  $V^v$  змінюється від 60 до  $320cm^3/g$ , що дає можливість розділити антрацити на стадії метаморфізму  $A_9-A_{14}$  (табл. 5.4).

*Сірчистість вугілля.* Сера у вугіллях є чинником, що негативно впливає на якість сировини. По величині  $S^d$  вугілля розділяються на низькосірчисті від 0,5 до 1,5%, середньосірчисті (1,5-2,5%), сірчисті (2,5-4%) і високосірчисті (>4%). Кам'яні вугілля України володіють підвищеною сірчистістю, за винятком родовищ Червоноградського і Південно-Західного районів Львівсько-Волинського басейну.

Сірка у вугіллі входить до складу як мінеральної, так і органічної частини. Відповідно при дослідженнях із загальної сірки ( $S^d$ ) виділяють *сульфідну* ( $S_s$ ), *сульфатну* ( $S_{so4}$ ) і *органічну* ( $S_o$ ). Сульфідна (колчеданна) сірка зв'язана (див. табл. 5.2) із дрібними розсіяними зернами, кристалами, конкреціями піриту, марказиту й інших утримуючих сірку мінералів. Сульфатна сірка ( $S_{so4}$ ) присвячені до кристалів ангідриту, гіпсу, мелантериту – сульфатів, що утворюються при вивітрюванні сульфідів заліза. Зміст органічної сірки у вугіллях коливається в

уголь ( $t=850\pm 10^0$ ) в течение 7 минут без доступа воздуха. Образующиеся при этом летучие продукты представлены первичным дегтем (из бурого угля) или каменноугольной смолой (из каменного угля), газами ( $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ) паробразующими углеводородами, их производными и водой. По мере роста углефикации выход летучих снижается от 70-50% у бурых углей до 1,5% у антрацитов.

Для классификации антрацитов при  $V^{daf} < 8\%$  определяют объемный выход летучих ( $V^v$ ). Он отражает объем ( $cm^3$ ) выделившихся летучих веществ при нагревании 1г антрацита без доступа воздуха в течение 15мин. В интервале значений  $V^{daf}$  1,5 – 9% величина  $V^v$  изменяется от 60 до  $320cm^3/g$ , что дает возможность разделить антрациты на стадии метаморфизма  $A_9-A_{14}$  (табл. 5.4).

*Сернистость углей.* Сера в углях является фактором, отрицательно влияющим на качество сырья. По величине  $S^d$  угли разделяются на низкосернистые от 0,5 до 1,5%, среднесернистые (1,5-2,5%), сернистые (2,5-4%) и высокосернистые (>4%). Каменные угли Украины обладают повышенной сернистостью, за исключением месторождений Червоноградського и Юго-Западного районов Львовско-Волинского бассейна.

Сера в углях входит в состав как минеральной, так и органической части. Соответственно при исследованиях из общей серы ( $S^d$ ) выделяют *сульфидную* ( $S_s$ ), *сульфатную* ( $S_{so4}$ ) и *органическую* ( $S_o$ ). Сульфидная (колчеданная) сера связана (см.табл. 5.2) с мелкими рассеянными зернами, кристаллами, конкрециями пирита, марказита и других содержащих серу минералов. Сульфатная сера ( $S_{so4}$ ) приурочены к кристаллам ангидрита, гипса, мелан-

межах 0,11-3,5%, колчеданної – 0,02-8,5 і сульфатної – 0,01-0,8. Найбільше важко витягуємими є домішки органічної сірки. Найбільший зміст сірки (до 30%) спостерігається в бурому вугіллі, найменше (0,1-2,5%) – в антрацитах. У вугіллях прибережно-морського походження її завжди більше, ніж в озерних (лімнічних). Сірчисті вугілля спалюються на ТЕС у суміші з дробленим вапняком, що зв'язує окиси сірки, що утворюються, у твердофазні гіпс і ангідрит.

*Теплота згоряння* – основна якість вуглеводної сировини, що визначає його придатність як джерела енергії. Крім того, вона є класифікаційним показником слабкометаморфізованих і окисленого вугілля.

При іспитах у лчираторії спалюється наважка вугілля в калометричній бомбі із стиснутим киснем, тепло, що виділилося при спалюванні вугілля, складається з власного тепла від згоряння вугілля, тепла, що виділилося за рахунок утворення при горінні і наступному розчиненні у воді азотної і сарною кислот, а так само тепла, що виділилося при конденсації води на стінках калометричній бомби.

Шляхом перерахування виключають тепло, отримане при утворенні і розчиненні кислот і визначають вищу теплоту згоряння – ( $Q_s$ ). Додатково виключивши тепло від конденсації води, одержують нижчу теплоту згоряння – ( $Q_i$ ). Після перерахування вищої теплоти згоряння на сухий беззольний стан – ( $Q_s^{daf}$ ), одержують показник, що характеризує природний тип вугілля і ступінь його углефікації. Нижча теплота згоряння робочої маси вугілля ( $Q_i^f$ ) показує кількість тепла, що практично виходить при спалюванні одиниці маси вугілля:

$$Q_i^f = Q_s^f - Y (Wt^f + 8,94H^f),$$

терита – сульфатов, образующихся при выветривании сульфидов железа. Содержание органической серы в углях колеблется в пределах 0,11-3,5%, колчеданной – 0,02-8,5 и сульфатной – 0,01-0,8. Наиболее трудно извлекаемыми являются примеси органической серы. Наибольшее содержание серы (до 30%) наблюдается в бурях углях, наименьшее (0,1-2,5%) – в антрацитах. В углях прибрежно-морского происхождения её всегда больше, чем в озерных (лимнических). Сернистые угли сжигаются на ТЭС в смеси с дробленным известняком, который связывает образующиеся оксиды серы в твердофазные гипс и ангидрит.

*Теплота сгорания* – основное качество углеводородного сырья, определяющее его пригодность как источника энергии. Кроме того, она является классификационным показателем слабкометаморфизованных и окисленных углей.

При испытаниях в лаборатории сжигается навеска угля в калометрической бомбе со сжатым кислородом. Выделившееся при сжигании угля тепло состоит из собственного тепла от сгорания угля, тепла, выделившегося за счет образования при горении и последующем растворении в воде азотной и серной кислот, а так же тепла, выделившегося при конденсации воды на стенках калометрической бомбы.

Путем пересчета исключают тепло, полученное при образовании и растворении кислот и определяют высшую теплоту сгорания – ( $Q_s$ ). Дополнительно исключив тепло от конденсации воды, получают низшую теплоту сгорания – ( $Q_i$ ). После пересчета высшей теплоты сгорания на сухое беззольное состояние – ( $Q_s^{daf}$ ), получают показатель, характеризующий природный тип угля и степень его углефикации. Низшая теплота сгорания рабочей массы угля ( $Q_i^f$ ) показывает количество тепла, которое



де:  $Q_i^r$  – вища теплота згоряння;  $Wt^r$  – масова частка загальної вологи;  $H^r$  – зміст водню, розрахований на робочий стан палива;  $Y$  – коефіцієнт, що враховує кількість тепла на випар води – 5,86ккал/кг чи 24,62КДж/кг.

Обумовлена при спалюванні теплова енергія вимірюється в системі СІ МДж/кг чи в технічній системі кКал/кг. Для орієнтованих розрахунків вищої теплоти згоряння використовується формула Д.І.Менделєєва:

$$Q_s^{daf} = 81C + 310H - 26(O - S_i)$$

де  $C$ ,  $O$ ,  $H$ ,  $S$  – зміст елементів у % на пальну масу.

Для порівняння різних типів палива використовується поняття тонна «умовного палива». Воно відповідає паливу з нижчою теплотою згоряння 29,3МДж/кг чи 7000ккал/кг. Перерахування реального палива в умовне виробляється по формулі:

$$M_u = M_f \times E_k$$

де:  $M_u$  – маса умовного палива;  $M_f$  – маса фактичного палива;  $E_k$  – калорійний еквівалент, обчислюється за формулою:

$$E_k = Q_i^r / 1000$$

При рівному ступені вуглефікації теплотворна здатність сапропелітів вище, ніж у гумолітів. Оскільки більшість описаних вище показників грають важливу класифікаційну роль, нижче в таблиці 5.4 наведені їхні усереднені значення для вугіль країн СНД.

практически получается при сжигании единицы массы угля:

$$Q_i^r = Q_s^r - Y (Wt^r + 8,94H^r),$$

где:  $Q_i^r$  – высшая теплота сгорания;  $Wt^r$  – массовая доля общей влаги;  $H^r$  – содержание водорода, рассчитанное на рабочее состояние топлива;  $Y$  – коэффициент, учитывающий количество тепла на испарение воды – 5,86ккал/кг или 24,62КДж/кг.

Определяемая при сжигании тепловая энергия измеряется в системе СИ МДж/кг или в технической системе кКал/кг. Для ориентировочных расчетов высшей теплоты сгорания используется формула Д.И.Менделеева:

$$Q_s^{daf} = 81C + 310H - 26(O - S_i)$$

где  $C$ ,  $O$ ,  $H$ ,  $S$  – содержание элементов в % на горючую массу.

Для сравнения различных типов топлива используется понятие тонна «условного топлива». Оно соответствует топливу с низшей теплотой сгорания 29,3МДж/кг или 7000кКал/кг. Пересчет реального топлива в условное производится по формуле:

$$M_u = M_f \times E_k$$

где:  $M_u$  – масса условного топлива;  $M_f$  – масса фактического топлива;  $E_k$  – калорійний еквівалент, определяемый по формуле:

$$E_k = Q_i^r / 1000$$

При равной степени углефикации теплотворная способность сапропелитов выше, чем у гумолитов. Поскольку большинство описанных выше показателей играют важную классификационную роль, ниже в таблице 5.4 приведены их усредненные значения для углей стран СНГ.

Таблиця 5.4

Усереднені значення теплоти згоряння вугілля й інших показників якості вугілля  
різних стадій метаморфізму (по К.В.Миронову)

Марки вугілля	Стадії мета- мор- фізму	$C^{daf}$ , %	$Wt^r$ , %	$V^{daf}$ , %	$Q_s^{daf}$ , МДж/кг	$Q_i^r$ , МДж/кг
<b>Бурій:</b>						
1Б	Про <sub>1</sub>	3-71	40-58	0-60	25,53-28,88	6,07-13,81
2Б	Про <sub>2</sub>	65-76	30-40	33-50	25,53-29,72	9,04-15,90
3Б	Про <sub>3</sub>	68-77	17-30	33-50	27,63-33,07	15,49-18,80
<b>Кам'яний:</b>						
Довгополуменевий Д	I	4-80	8-16	5-50	30,56-33,49	21,98-24,91
Газові Г	II	79-83	6-10	33-46	32,23-34,74	23,44-25,9
Газово-жирний ГЖ	III	83-87	5-8	31-40	33,49-35,16	24,70-26,37
Жирний Ж	III-IV		4-7	25-37	34,53-35,79	25,33-26,58
Коксово-жирний КЖ	IV	87-90	4-6	13-33	34,74-36,00	25,95-27,21
Коксовий К	V	89-91	4-5	17-27	34,74-36,84	26,37-28,47
Пісно-спікливий ПС	VI	90-92	3-5	14-27	35,37-36,63	26,58-27,84
Пісний П	VII-VIII		3-6	8-20	34,53-36,21	25,95-27,63
Антрацит А	IX-XIV	90-98	4-6	2-10	33,49-35,16	23,86-31,00

Таблиця 5.4

Усредненные значения теплоты сгорания угля и других показателей качества угля  
различных стадий метаморфизма (по К.В.Миронову)

Марки угля	Стадии мета- мор- физма	$C^{daf}$ , %	$Wt^r$ , %	$V^{daf}$ , %	$Q_s^{daf}$ , МДж/кг	$Q_i^r$ , МДж/кг
<b>Бурій:</b>						
1Б	O <sub>1</sub>	3-71	40-58	0-60	25,53-28,88	6,07-13,81
2Б	O <sub>2</sub>	65-76	30-40	33-50	25,53-29,72	9,04-15,90
3Б	O <sub>3</sub>	68-77	17-30	33-50	27,63-33,07	15,49-18,80
<b>Кам'яний:</b>						
Длиннопламенный Д	I	4-80	8-16	5-50	30,56-33,49	21,98-24,91
Газовые Г	II	79-83	6-10	33-46	32,23-34,74	23,44-25,9
Газово-жирный ГЖ	III	83-87	5-8	31-40	33,49-35,16	24,70-26,37
Жирный Ж	III-IV		4-7	25-37	34,53-35,79	25,33-26,58
Коксово-жирный КЖ	IV	87-90	4-6	13-33	34,74-36,00	25,95-27,21
Коксовый К	V	89-91	4-5	17-27	34,74-36,84	26,37-28,47
Отощ.спекающийся ОС	VI	90-92	3-5	14-27	35,37-36,63	26,58-27,84
Тощий Т	VII-VIII		3-6	8-20	34,53-36,21	25,95-27,63
Антрацит А	IX-XIV	90-98	4-6	2-10	33,49-35,16	23,86-31,00

*Спiкливiсть i коксiвнiсть вугiль.* Цi параметри є найважливишими при використаннi вугiль у доменному процесi. *Спiкливiсть* – це здатнiсть вугiлля визначених стадiй метаморфiзму при нагрiваннi без доступу повітря переходити в пластичний стан з утворенням нелетучого залишку – «королька». При температурi 500-550<sup>0</sup>С корольок твердiє, утворити твердий спечений продукт – *напiвкокс*. При подальшому нагрiваннi (до 1000<sup>0</sup> i бiльш) у напiвкоксi знижується змiст летучих (O<sub>2</sub>, S, H<sub>2</sub>) i росте вiдсоток вуглецю. Одночасно вiдбувається структурно-молекулярна перебудова й упорядкування розташування «вуглецевих сiток» - макромолекул. Утвориться твердий пористий вуглеродистий продукт – *кокс*. Цiєю властивiстю володiють вугiлля марок Г-ОС (див.табл. 5.4). Довгополуменевий i худi вугiлля дають, у залежностi вiд петрографiчного складу, порошокоподiбний чи слабкоспiкливий нелетучий залишок. Буре вугiлля й антрацити не спiкаються.

Для характеристики спiкливостi вугiль використовують кiлька показникiв – товщина пластичного шару (у), обумовлена як максимальна вiдстань у випробуваному зразку мiж поверхнями роздягнула: вугiлля – пластична маса – напiвкокс; пластометрична усадка (х), що характеризує змiну обсягу вугiльної проби при термiчному впливi; iндекс Рогу (RI) – вiдображають механiчну мiцнiсть королька, обумовлену методом стирання; iндекс вiльного спучування (SI) – напiвкiлькiсний метод визначеннi спiкливостi шляхом порiвняння профiлю нелетучого залишку з стандартними профiлями королькiв.

По товщинi пластичного шару (у) роздiляють вугiлля вiд марок Д до П. По iн-

*Спекаемiсть i коксуемiсть углей.* Эти параметры являются важнейшими при использовании углей в доменном процессе. *Спекаемiсть* – это способность угля определенных стадий метаморфизма при нагревании без доступа воздуха переходит в пластическое состояние с образованием нелетучего остатка – «королька». При температуре 500-550<sup>0</sup>С корольок затвердевает, образуя твердый спекшийся продукт – *полукокс*. При дальнейшем нагревании (до 1000<sup>0</sup> и более) в полукоксе снижается содержание летучих (O<sub>2</sub>, S, H<sub>2</sub>) и растет процент углерода. Одновременно происходит структурно-молекулярная перестройка и упорядочение расположения «углеродных сеток» - макромолекул. Образуется твердый пористый углеродистый продукт – *кокс*. Этим свойством обладают угли марок Г-ОС (см.табл. 5.4). Длиннопламенные и тощие угли дают, в зависимости от петрографического состава, порошокобразный или слабоспекшийся нелетучий остаток. Бурые угли и антрациты не спекаются.

Для характеристики спекаемости углей используют несколько показателей – толщина пластического слоя (у), определяемая как максимальное расстояние в испытуемом образце между поверхностями раздела: уголь – пластическая масса – полукокс; пластометрическая усадка (х), характеризующая изменение объема угольной пробы при термическом воздействии; индекс Рога (RI) – отражающий механическую прочность королька, определяемую методом истирания; индекс свободного вспучивания (SI) – полуколичественный метод определения спекаемости путем сравнения профиля нелетучего остатка со стандартными профилями корольков.

По толщине пластического слоя (у) разделяют угли марок от Д до Т. По индексу Рога ОС и Т. Индекс свободного вспучива-

дексі Рогу ПС і П. Індекс вільного спучування (SI) застосовується в міжнародній практиці. Додатково іноді візуально оцінюється форма що залишається корольку: порошкоподібний, злиплий (розсіпається в порошок при слабкому натисненні) – марки Б, частина Д и Т; сліспікливий і спечений – частина Д и частина П; спечений, сплавлений неспучений і сильно спучений – Д-ПС, порошкоподібний – А. Існує ще ділатометричний метод. Суть його у визначенні збільшення довжини порошкоподібної проби в кварцовій трубці при термічному впливі. У країнах СНД цей метод не застосовується.

*Коксівність* – здатність здрібненого вугілля спікатися з утворенням коксу з установленими розмірами і міцністю шматків. Цей параметр визначається з комплексу показників спікливості і механічної міцності, а також промисловими і напівпромисловими іспитами.

## 5.6 Промислова класифікація вугілля

*Промислові класифікації вугілля* за сформованою традицією базуються на практиці використання вугілля і показниках його якості. Оскільки з часом технологія переробки змінюється з різною швидкістю в різних країнах, та й показники якості, як уже вказувалося раніше, з ряду причин можуть бути в різних державах різними, класифікації достатньо істотно відрізняються. Як правило основними параметрами, на яких ґрунтуються більшість класифікацій є зміст вуглецю ( $C^{daf}$ , %) вихід летучих ( $V^{daf}$ , %), зовнішня теплота згоряння ( $Q^{daf}$ , МДж/кг), середній показник відображення вітриніту ( $R_o$ , %) і ін. Прикладом такого підходу можуть

бути (SI) застосовується в міжнародній практиці. Додатково іноді візуально оцінюється форма остаючогося королька: порошкообразный, слипшийся (рассыпается в порошок при слабом надавливании) – марки Б, часть Д и Т; слабо-спекшийся и спекшийся – часть Д и часть Т; спекшийся, сплавленный неспученный, сплавленный вспученный и сильно вспученный – Д-ОС, порошкообразный – А. Существует еще дилатометрический метод. Суть его в определении увеличения длины порошкообразной пробы в кварцевой трубе при термическом воздействии. В странах СНГ этот метод не применяется.

*Коксуемость* – способность измельченного угля спекаться с образованием кокса с установленными размерами и прочностью кусков. Этот параметр определяется по комплексу показателей спекаемости и механической прочности, а также промышленными и полупромышленными испытаниями.

## 5.6 Промышленная классификация углей

*Промышленные классификации углей* по сложившейся традиции базируются на практике использования угля и показателях его качества. Поскольку с течением времени технология переработки меняется с различной скоростью в разных странах, да и показатели качества, как уже указывалось ранее, по ряду причин могут быть в разных государствах различными, классификации достаточно существенно отличаются. Как правило основными параметрами, на которых основываются большинство классификаций являются содержание углерода ( $C^{daf}$ , %) выход летучих ( $V^{daf}$ , %), внешняя теплота сгорания ( $Q^{daf}$ , МДж/кг), средний показатель отражения витринита

служити класифікації України (табл.5.5) і США (табл.5.6).

( $R_o$ , %) и др. Примером такого подхода могут служить классификации Украины (табл.5.5) и США (табл.5.6).

Таблица 5.5

Вугілля буре, кам'яне й антрацит. Класифікація ДСТУ 3472-96

Марка угля	Позначення марки	Классификационные показатели				
		Середній показник відображення вітриніту, $R_o$ , %	Вихід летючих речовин, $V^{daf}$ , %	Товщина пластичного шару, $Y$ , мм	Індекс Рогу, $R_I$ , ед.	Теплота згоряння $Q^{daf}$ , МДж/кг
Бурий	Б	Меньш 0,40	Від 50 до 70 вкл.	—	—	Меньш 24,0
Довгополуменевий	Д	Від 0,40 до 0,60 вкл.	35-50	Меньш 6	—	—
Довгополуменевий-газовий	ДГ	0,50-0,80	35-48	Від 6 до 9 вкл.	—	—
Газовий	Г	0,50-1,00	33-46	10-16**	—	—
Жирний	Ж	0,85-1,20	28-36	17-38	—	—
Коксовий	К	1,21-1,60	18-28	13-28	—	—
Пісно спікливий	ПС	1,30-1,90	14-22	6-12	Від 13 до 50 вкл.	—
Пісний	П	1,60-2,59	8-18***	Меньш 6	Меньш 13	Від 35,2 до 36,5 вкл.
Антрацит	А	2,60-5,60	Меньш 8	—	—	Меньш 35,2

\*Теплота згоряння наведена на вологий беззолний стан  $Q_s^{df}$

\*\*При значенні показника відображення вітриніту менш 0,85% і товщині пластичного шару більш 16мм вугілля відноситься до марки Г

\*\*\*При виході летучих речовин менш 8% і теплоті згоряння 35,2 Мдж/кг і більш вугілля відноситься до марки П

Таблица 5.5

Угли бурые, каменные и антрацит. Классификация ДСТУ 3472-96

Марка угля	Обозначение марки	Классификационные показатели				
		Средний показатель отражения витринита, $R_o$ , %	Выход летучих веществ, $V^{daf}$ , %	Толщина пластического слоя, $Y$ , мм	Индекс Рога, $R_I$ , ед.	Теплота сгорания $Q^{daf}$ , МДж/кг
Бурий	Б	Менее 0,40	От 50 до 70 вкл.	—	—	Менее 24,0
Длинно-пламенный	Д	От 0,40 до 0,60 вкл.	35-50	Менее 6	—	—

Длинно-пламенный газовый	ДГ	0,50-0,80	35-48	От 6 до 9 вкл.	—	—
Газовый	Г	0,50-1,00	33-46	10-16**	—	—
Жирный	Ж	0,85-1,20	28-36	17-38	—	—
Коксовый	К	1,21-1,60	18-28	13-28	—	—
Отощенный спе-кающийся	ОС	1,30-1,90	14-22	6-12	От 13 до 50 вкл.	—
Тощий	Т	1,60-2,59	8-18***	Менее 6	Менее 13	От 35,2 до 36,5 вкл.
Антрацит	А	2,60-5,60	Менее 8	—	—	Менее 35,2

\*Теплота сгорания приведена на влажное беззольное состояние  $Q_s^{df}$

\*\*При значении показателя отражения витринита менее 0,85% и толщине пластического слоя более 16мм уголь относится к марке Г

\*\*\*При выходе летучих веществ менее 8% и теплоте сгорания 35,2МДж/кг и более уголь относится к марке Т

Таблица 5.6

Класифікація вугілля США

Клас	Група	Класифікаційні параметри			
		$C^{daf}$ , %	$V^{daf}$ , %	$Q_s^{daf}$ кКал/кг (МДж/кг)	Співливість
1	2	3	4	5	6
Антрацит	Метаантрацит	>98	<2	Не нормується	Не спікаються
	Антрацит	92-98	2-8		
	Семіантрацит	86-92	8-14		
Бітумінозне вугілля	З низьким виходом летючих речовин	76-86	14-22	Не нормується	Не спікаються
	З середнім виходом летючих речовин	69-78	22-31	<7778 (32,15)	Спікаються
	З високим виходом летючих речовин	<69	>31		
	Теж саме	Не нормується		7223-7778 (30,23-32,15)	
	Теж саме С			6389-7223 (26,75-30,23)	
Суббітумінозне вугілля	А	Не нормується		5834-6389 (24,42-26,75)	Не спікаються
	В			5278-5834 (22,10-24,42)	
	С			4611-5278 (19,30-22,10)	
Лігніти	А	Не нормується		3500-4611 (14,65-19,30)	Не спікаються
	В			<3500 (14,65)	

## Классификация углей США

Класс	Группа	Классификационные параметры			
		$C^{daf}$ , %	$V^{daf}$ , %	$Q_s^{daf}$ кКал/кг (МДж/кг)	Спекаемость
1	2	3	4	5	6
Антрацит	Метаантрацит	>98	<2	Не нормируется	Не спекаются
	Антрацит	92-98	2-8		
	Семиантрацит	86-92	8-14		
Битуминозные угли	С низким выходом летучих веществ	76-86	14-22	Не нормируется	Не спекаются
	Со средним выходом летучих веществ	69-78	22-31	<7778 (32,15)	Спекаются
	С высоким выходом летучих веществ	<69	>31		
	То же В	Не нормируется		7223-7778 (30,23-32,15)	
	То же С			6389-7223 (26,75-30,23)	
Суббитуминозные угли	А	Не нормируется		5834-6389 (24,42-26,75)	Не спекаются
	В			5278-5834 (22,10-24,42)	
	С			4611-5278 (19,30-22,10)	
Лигниты	А	Не нормируется		3500-4611 (14,65-19,30)	Не спекаются
	В			<3500 (14,65)	

Але в ряді країн, як, наприклад, у Росії, де є багато родовищ з різним якісними особливостями для взаємозамінності вугілля при використанні застосовуються більш складні промислово-генетичні класифікації (ДСТ 25543-88). У цій класифікації вугілля підрозділяються по видах (табл. 5.7); по генетичних ознаках: на 25 класів, чотири підкласи, шість типів і чотири підтипи; по технологічних параметрах: на 17 марок і в них виділяють ще групи і підгрупи. Такі класифікації дуже детальні, але складні у вживанні.

Но в ряде стран, как, например, в России, где имеется много месторождений с различным качественными особенностями для взаимозаменяемости углей при использовании применяются более сложные промышленно-генетические классификации (ГОСТ 25543-88). В этой классификации угли подразделяются по видам (табл. 5.7); по генетическим признакам: на 25 классов, четыре подкласса, шесть типов и четыре подтипа; по технологическим параметрам: на 17 марок и в них выделяют еще группы и подгруппы. Такие классификации очень детальны, но сложны в употреблении.

Таблиця 5.7

Параметри підрозділу неокислених викопного вугілля Росії по видах  
(ДСТ 25543-88)

Види вугілля	R <sub>o</sub> , %	Q <sub>s</sub> <sup>df</sup> , МДж/кг	V <sup>daf</sup> , %
Буре	<0,60	<24	—
Кам'яне	від 0,40 до 2,59 (вкл.)	24 і більш	8 і більш
Антрацит	від 2,20 і більш	—	<8

Таблиця 5.7

Параметры подразделения неокисленных ископаемых углей России по видам  
(ГОСТ 25543-88)

Виды угля	R <sub>o</sub> , %	Q <sub>s</sub> <sup>df</sup> , МДж/кг	V <sup>daf</sup> , %
Бурый	<0,60	<24	—
Каменный	от 0,40 до 2,59 (вкл.)	24 и более	8 и более
Антрацит	от 2,20 и более	—	<8

### 5.7 Підготовка вугіль до використання

*Сортування і збагачення вугіль.* Добуте вугілля являє собою технологічну суміш зі шматків вугілля породи різних розмірів. Перед використанням він піддається визначеній підготовці – вибірці породи, сортуванню і збагаченню. Сортування полягає в поділі вугілля на класи по розмірах шматків (табл. 5.8).

Збагачення полягає у видаленні частини мінеральних домішок з добутого вугілля для підвищення в ньому частки пальної маси. Розрізняють двухпродуктову і трехпродуктову схему збагачення. В останньої вихідний матеріал розділяється на три частини: концентрат, у якому зміст пальної маси більше, ніж у рядовому куті; промпродукт – суміш органо-мінеральних зростків, часток вугілля і породи; хвости (відходи збагачення) зі змістом непальних елементів вище, ніж у вихідному матеріалі і промп-

### 5.7 Подготовка углей к использованию

*Сортировка и обогащение углей.* Добытый уголь представляет собой технологическую смесь из кусков угля породы различных размеров. Перед использованием он подвергается определенной подготовке – выборке породы, сортировке и обогащению. Сортировка заключается в разделении угля на классы по размерам кусков (табл. 5.8).

Обогащение заключается в удалении части минеральных примесей из добытого угля для повышения в нем доли горючей массы. Различают двухпродуктовую и трехпродуктовую схему обогащения. В последней исходный материал разделяется на три части: концентрат, в котором содержание горючей массы больше, чем в рядовом угле; промпродукт – смесь органо-минеральных сростков, частиц угля и породы; хвосты (отходы обогащения) с содержанием него-



родукте. По другій схемі промпродукт не одержують. Побічний продукт збагачення – шлам (розмір шматочків менш 0,5мм) скопичується у відстійниках вуглезбагачувальних фабрик.

рючих елементів вище, чем в исходном матеріалі і промпродукті. По второй схемі промпродукт не получають. Побочный продукт обогащения – шлам (размер кусочков менее 0,5мм) скапливается в отстойниках углеобогатительных фабрик.

Таблиця 5.8

Класифікація вугіль за розміром шматків (ДСТ 19242-76)

Клас	Умовні позначення	Границя крупності кусків, мм	
		нижній	верхній
Сортові			
Плітний	П	100 (80)	200; 300
Крупний	К	50 (40)	100 (80)
Горіх	Г	25 (20)	50 (40)
Мілкий	М	13 (10)	25 (20)
Насіннячко	Н	6 (5,8)	33 (10)
Штиб	Ш	0	6 (5; 8)
Рядовий	Р	0	200; 300

Таблиця 5.8

Классификация углей по размеру кусков (ГОСТ 19242-76)

Классы	Условное обозначение	Предел крупности кусков, мм	
		нижний	верхний
Сортовые			
Плитный	П	100 (80)	200; 300
Крупный	К	50 (40)	100 (80)
Орех	О	25 (20)	50 (40)
Мелкий	М	13 (10)	25 (20)
Семечко	С	6 (5,8)	33 (10)
Штыб	Ш	0	6 (5; 8)
Рядовой	Р	0	200; 300

Гравітаційне збагачення засноване на розходженні щільності поділюваних компонентів (вугілля, зростки вугілля з породою, порода). Поділ здійснюється у вертикальному пульсуючому потоці води і повітря, чи важких чи рідин суспензій. Збагачення флотації засноване на різній смачиваємості шматків вугілля і породи, оброблених спеціальними реагентами, що приводить до їхнього спливання і нагро-

Гравитационное обогащение основано на различии плотности разделяемых компонентов (уголь, сrostки угля с породой, порода). Разделение осуществляется в вертикальном пульсирующем потоке воды и воздуха, либо тяжелых жидкостей или суспензий. Обогащение флотации основано на различной смачиваемости кусков угля и породы, обработанных специальными реагентами, что приводит к их всплыванию и

мадження на поверхні пульпи. Найбільше часто застосовуються гравітаційний і флотаційний методи збагачення, рідше – електричний і магнітний, а також хімічний. Після збагачення здійснюється обесшамлювання й обеспилювання вугіль, зневоднювання їх і сушіння, усереднення продуктів збагачення й висвітлення оборотної води.

Результативність збагачення оцінюється по показниках: глибині збагачення – ступеня чистоти продукту збагачення; межі збагачення – визначається найменшим і найбільшим розміром часток вугілля, ефективно збагачуваних у збагачувальній машині; виходу продуктів збагачення стосовно їхньої маси у вихідному матеріалі; витягу фракцій стосовно їхньої маси у вихідному продукті; втратам у відходах збагачення придатного до використання компонента; ефективністю збагачення по відношенню фактичного показника збагачення до теоретично можливого.

*Збагаченість вугілля.* Це його здатність до поділу на продукти збагачення за заданими показниками якості. Суть цього процесу полягає в поділі вихідного матеріалу на різні класи по крупності шматків за допомогою ситового аналізу. Потім з кожного класу вугіль відбирають проби і роблять аналіз  $A^d$  і  $W_h$ .

Після проведення скороченого теханалізу з кожного класу відбирають проби і проводять їх розшарування на фракції в рідинах з різною щільністю. Фракції групуються по щільності кам'яних вугіль у концентраті ( $A^d$  до 10%) до  $1500\text{кг/м}^3$ , у промпродукті від 1500 до  $1800\text{кг/м}^3$  і в породі свйше  $1800\text{кг/м}^3$ .

Показник збогатимості (Т,%) визначають за формулою:

накопленню на поверхні пульпи. Найбільше часто применяются гравитационный и флотационный методы обогащения, реже – электрический и магнитный, а также химический. После обогащения осуществляется обесшамливание и обеспылевание углей, обезвоживание их и сушка, усреднение продуктов обогащения и осветление оборотной воды.

Результативность обогащения оценивается по показателям: глубине обогащения – степени чистоты продукта обогащения; пределу обогащения – определяется наименьшим и наибольшим размером частиц угля, эффективно обогащаемых в обогатительной машине; выходу продуктов обогащения по отношению к их массе в исходном материале; извлечению фракций по отношению к их массе в исходном продукте; потерям в отходах обогащения пригодного к использованию компонента; эффективностью обогащения по отношению фактического показателя обогащения к теоретически возможному.

*Обогатимость угля.* Это его способность к разделению на продукты обогащения по заданным показателям качества. Суть этого процесса заключается в разделении исходного материала на различные классы по крупности кусков с помощью ситового анализа. Затем из каждого класса углей отбирают пробы и делают анализ  $A^d$  и  $W_h$ .

После проведения сокращенного теханализа из каждого класса отбирают пробы и проводят их расслоение на фракции в жидкостях с различной плотностью. Фракции группируются по плотности каменных углей в концентрате ( $A^d$  до 10%) до  $1500\text{кг/м}^3$ , в промпродукте от 1500 до  $1800\text{кг/м}^3$  и в породе свйше  $1800\text{кг/м}^3$ .

Показатель обогатимости (Т, %) определяют по формуле:

$$T = [\gamma_1 / (100 - \gamma_2)] \times 100$$

де  $\gamma_1$  – вихід проміжного продукту в %;  
 $\gamma_2$  – вихід породи в %.

У залежності від цього показника визначають категорії збагатимості. Наприклад, якщо  $T$  до 5% – вугілля відноситься до 1 категорії – легкозбагачувальних; 5-10% – середньозбагачувальних; 10-17 – важкозбагачувальних і більш 17% – дуже важко збагатимих.

*Брикетування* – окусування пухких бурих вугілля, дріб'язку і відходів збагачення кам'яних вугілля здійснюється під впливом тиску. Брикетування бурих вугілля здійснюється без зв'язувальних речовин під тиском 100...200Мпа; дріб'язку кам'яних (антрацити, худі з присадкою довгополумєневих, газових і іноді спікливих) вугілля з добавкою зв'язувальних речовин (кам'яновугільний пек, нафтові бітуми й ін.) під тиском до 50Мпа.

## 5.8 Напрями використання вугілля в промисловості

Вугілля використовується як енергоносії в енергетику – спалювання пилоподібне і шарове у відбивних печах для комунальних і побутових потреб, у виробництві будівельних матеріалів – цегли, вапна, цементу; як технологічна сировина для коксування, напівкоксування в газогенераторах, одержання синтетичного палива, термоантрациту, карбіду кальцію, електрокорунду, углещелочних реагентів, агломератів руд, використання в хімічній і фармацевтичній промисловості (табл. 5.9).

$$T = [\gamma_1 / (100 - \gamma_2)] \times 100$$

где  $\gamma_1$  – выход промежуточного продукта в %;

$\gamma_2$  – выход породы в %.

В зависимости от этого показателя определяют категории обогатимости. Например, если  $T$  до 5% – уголь относится к 1 категории – легкообогатимых; 5-10% – среднеобогатимых; 10-17 – труднообогатимых и более 17% – очень трудно обогатимых.

*Брикетирование* – окусование рыхлых бурых углей, мелочи и отходов обогащения каменных углей осуществляется под воздействием давления. Брикетирование бурых углей осуществляется без связующих веществ под давлением 100...200МПа; мелочи каменных (антрациты, тощие с присадкой длиннопламенных, газовых и иногда спекающихся) углей с добавкой связующих веществ (каменноугольный пек, нефтяные битумы и др.) под давлением до 50МПа.

## 5.8 Направления промышленного использования углей

Уголь используется как энергоноситель в энергетике – сжигание пылевидное и слоевое в отражательных печах для коммунальных и бытовых нужд, в производстве строительных материалов – кирпича, извести, цемента; как технологическое сырье для коксования, полукоксувания в газогенераторах, получения синтетического топлива, термоантрацита, карбида кальция, электрокорунда, углещелочных реагентов, агломератов руд, использования в химической и фармацевтической промышленности (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

## Напрямок використання вугілля у народному господарстві

Вугільні басейні та райони	Енергетичне	Побуто-во-житлове	Техно-логічне	Виробництво будівельних матеріалів	
	Електростанції			Цегла	Вязущее
Донецький	+	+	+	+	+
Львівсько-Волинський	+	+	+	+	–
Дніпровський басейн	–	+	+	+	–

Таблиця 5.9

## Направления использования углей в народном хозяйстве

Угольные бассейны и районы	Энергетическое	Коммунально-бытовое	Технологическое	Производство строительных материалов	
	Электростанции			Кирпич	Вязущее
Донецкий	+	+	+	+	+
Львовско-Волинский	+	+	+	+	–
Днепровский бассейн	–	+	+	+	–

*Спалювання.* В енергетичних цілях використовується 60-70% вугілля, що добувається в країні. Шарове спалювання застосовується в шарових топках з ручною і механічною подачею кускового палива в котлоагрегатах малої продуктивності. Пилоподібне спалювання проводиться в смолоскипових топках котлоагрегатів. Розмелене паливо газовоздушним потоком направляється в топковий обсяг і згорає на лету. У відбивних печах з передачею теплоти «відображенням» від смолоскипа палаючого палива і нагрітого зводу до матеріалу, що нагрівається, виплавляють сталь, кольорові метали і варять скло.

У факельно-слоєвих топках паливо спалюється в смолоскипі, допалюється в киплячому шарі. Для комунальних потреб використовуються вугілля такої ж якості, як і для шарового спалювання (ДСТ8183-86). Малодефіцитні низькосортні вугілля практично всіх басейнів і ро-

*Сжигание.* В энергетических целях используется 60-70% добываемого в стране угля. Слоевое сжигание применяется в слоевых топках с ручной и механической подачей кускового топлива в котлоагрегатах малой производительности. Пылевидное сжигание проводится в факельных топках котлоагрегатов. Размолотое топливо газовоздушным потоком направляется в топочный объем и сгорает на лету. В отражательных печах с передачей теплоты «отражением» от факела горящего топлива и нагретого свода к нагреваемому материалу выплавляют сталь, цветные металлы и варят стекло.

В факельно-слоевых топках топливо сжигается в факеле, дожигается в кипящем слое. Для коммунальных нужд используются угли такого же качества, как и для слоевого сжигания (ГОСТ8183-86). Малодефицитные низкосортные угли практически всех бассейнов и месторож-

довищ СНД також використовуються для побутових нестатків, у виробництві сповісти, цементу і цегли, як паливо у випалювальних печах.

Технологічне використання палива передбачає його піроліз, тобто розкладання палива при нагріванні в закритих реакторах – печах без доступу кисню. На технологічні цілі витрачається до 25% вугілля, що добувається.

*Коксування* – термічна переробка особливо коштовних марок вугілля при температурі 800-1050°C без доступу повітря в металургійний кокс. Здрібнений до 3мм вугілля при нагріванні переходить спочатку в пластичний стан, а потім у твердий пористий нелетучий залишок -кокс. Середній (типовий) склад шихти (суміш вугілля різних марок) коксохімічних заводів: Д – 1-3%, Г – до 30%, ГЖ і Ж – 15-30%, ДО – 15-25%, ПС – до 20%, П – 1-3%. Основними сполучними компонентами шихти є вугілля марки Ж. Зольність шихти – до 10%, сірчаність – до 1,5%; вологість – не більш 12%. У процесі коксування із шихти в середньому виходить 75-80% коксу, 3-5% кам'яновугільної смоли, біля 1% бензолу, 1-2% сульфату амонію і коксового газу (з 1т вугілля – 300-350м<sup>3</sup>).

*Кокс* – тверде пористе (п близько 50%) високоуглеродне металургійне паливо. Металургійний (доменний і ливарний) кокс має розмір шматків більш 25мм. Здрібнений кокс «Горішок» (коксик) – 15-25мм і «дріб'язок» – до 15мм використовуються при агломерації руд і як високосортне енергетичне паливо. Коксовий газ, що складається з 50-62% водню, 20-34% метану, 5-7% оксидів вуглецю і кам'яновугільної смоли (бензолних вуглеводнів) використовуються як коштовна хімічна сировина і паливо.

*Напівкоксування* – переробка твердого

дений СНГ также используются для бытовых нужд, в производстве извести, цемента и кирпича, как топливо в обжиговых печах.

Технологическое использование топлива предусматривает его пиролиз, т.е. разложение топлива при нагревании в закрытых реакторах – печах без доступа кислорода. На технологические цели расходуется до 25% добываемого угля.

*Коксование* – термическая переработка особо ценных марок углей при температуре 800-1050°C без доступа воздуха в металлургический кокс. Измельченный до 3мм уголь при нагреве переходит сначала в пластическое состояние, а затем в твердый пористый нелетучий остаток -кокс. Средний (типовой) состав шихты (смесь углей различных марок) коксохимических заводов: Д – 1-3%, Г – до 30%, ГЖ и Ж – 15-30%, К – 15-25%, ОС – до 20%, Т – 1-3%. Основными связующими компонентами шихты являются угли марки Ж. Зольность шихты – до 10%, сернистость – до 1,5%; влажность – не более 12%. В процессе коксования из шихты в среднем получается 75-80% кокса, 3-5% каменноугольной смолы, около 1% бензола, 1-2% сульфата аммония и коксового газа (из 1т угля – 300-350м<sup>3</sup>).

*Кокс* – твердое пористое (п около 50%) высокоуглеродное металлургическое топливо. Металлургический (доменный и литейный) кокс имеет размер кусков более 25мм. Измельченный кокс «Орешек» (коксик) – 15-25мм и «мелочь» – до 15мм используются при агломерации руд и как високосортное энергетическое топливо. Коксовый газ, состоящий из 50-62% водорода, 20-34% метана, 5-7% оксидов углерода и каменноугольной смолы (бензолных углеводородов) используются как ценное химическое сырье и топливо.

палива (кам'яне і буре вугілля, пальні сланці) нагріванням без доступу повітря до температури 500-550°C. При напівкоксуванні 1 тонни вугілля марки Д одержують 70-75% напівкоксу, 8-10% смоли, газ (близько 10%) і 5-6% пірогенетичної води.

Газ напівкоксування містить до 30% вуглеводнів, 10-20% водню, біля третини діоксиду і близько 10% оксиду вуглецю й ін. Напівкокс використовується як енергетичне паливо.

Підсмольна вода напівкоксування містить аміак, ацетон, ціаніди, газ і інші коштовні продукти. Газ подсмольної води складається з водню, метану й оксидів вуглецю. А Україні для напівкоксування придатні після брикетування бурі вугілля Дніпровського басейну, довгополуменеві Донецького і Львівсько-Волинського. Великі перспективи для термічної переробки мають Кансько-Ачинські вугілля Росії.

*Газифікація* здійснюється спалюванням твердого палива в газогенераторі з одержанням т.зв. «генераторного газу». У залежності від застосовуваного дуття одержують повітряної, повітряно-іскровий (змішаний), водяник і парокислотні газы (табл. 5.10).

*Полукоксование* – переробка твердого топлива (каменный и бурый угли, горючие сланцы) нагреванием без доступа воздуха до температуры 500-550°C. При полукоксовании 1 тонны угля марки Д получают 70-75% полукокса, 8-10% смолы, газ (около 10%) и 5-6% пирогенетической воды.

Газ полукоксования содержит до 30% углеводородов, 10-20% водорода, около трети диоксида и около 10% оксида углерода и др. Полукокс используется как энергетическое топливо.

Подсмольная вода полукоксования содержит аммиак, ацетон, цианиды, газ и другие ценные продукты. Газ подсмольной воды состоит из водорода, метана и оксидов углерода. В Украине для полукоксования пригодны после брикетирования бурые угли Днепровского бассейна, длиннопламенные Донецкого и Львовско-Волинского. Большие перспективы для термической переработки имеют Канско-Ачинские угли России.

*Газификация* осуществляется сжиганием твердого топлива в газогенераторе с получением т.н. «генераторного газа». В зависимости от применяемого дутья получают воздушной, воздушно-искровой (смешанный), водяной и парокислотный газы (табл. 5.10).

Таблица 5.10

Класифікація генераторних газів за В.Р.Клером

Газ	Вид дуття	Об'ємна теплота згоряння газу кдж/м <sup>3</sup>	Призначення газу
Повітряні	Повітря	4950	Хімічна сировина, паливо для печей і газових двигунів
Змішаний генераторний	Повітря+помірна кількість водяного пару	6300	Паливо для печей і газових двигунів
Водяной	Водяний пар	10000	Хімічна сировина, різання і зварювання металів, добавка до водяного газу
Парокисневий	Кисень + водяна пара	9850	Хімічна сировина, побутове споживання

Классификация генераторных газов по В.Р.Клеру

Газ	Вид дутья	Объемная теплота сгорания газа кДж/м <sup>3</sup>	Назначение газа
Воздушные	Воздух	4950	Химическое сырье, топливо для печей и газовых двигателей
Смешанный генераторный	Воздух+умеренное количество водяного пара	6300	Топливо для печей и газовых двигателей
Водяной	Водяной пар	10000	Химическое сырье, резка и сварка металлов, добавка к водяному газу
Парокислородный	Кислород + водяной пар	9850	Химическое сырье, бытовое потребление

Ідея Д.І. Менделєєва про підземну газифікацію вугілля поки є обмежені перспективи. Органічна маса палива перетворюється в газ у вугільних шарах, а на їх місці у вигорілому просторі залишаються зола і шлак. Недолік підземної газифікації – низька об'ємна теплота згоряння (менш 3000-4000кДж/м<sup>3</sup>) одержувані гази і високі утрати вугілля (до 40%) у надрах. На нині закритих Селідовської і Лісичанської станціях «Підземгазу» доведена принципова можливість ефективної підземної газифікації викопних вугілля у Донбасі. Механохімією, гідрогенезацією і низькотемпературним термолізом можна одержувати штучне рідке паливо.

*Гідрогенізація* застосовується в даний час у ПАР і КНР. Полягає в насиченні вуглеводних компонентів органічної маси палива (бурий і низкометаморфизований кам'яне вугілля марки Д, ДГ, Г, горючі сланці й ін.) чи воднем гомологами метану під високим тиском (20-30МПа), в умовах підвищених температур (380-550°С), у присутності каталізаторів, з метою одержання рідкого палива і пальних газів. При температурі 500-700°С и тиску водню 3-5МПа кінцевим продуктом буде метан, і процес називається гідрогазифі-

Ідея Д.І. Менделєєва о підземної газифікації угілля поки має обмежені перспективи. Органічна маса палива превращається в газ в угольних пластах, а на их месте в выгоревшем пространстве остаются зола и шлак. Недостаток подземной газификации – низкая объемная теплота сгорания (менее 3000-4000кДж/м<sup>3</sup>) получаемого газа и высокие потери угля (до 40%) в недрах. На ныне закрытых Селидовской и Лисичанской станциях «Подземгаза» доказана принципиальная возможность эффективной подземной газификации ископаемых углей в Донбассе. Механохимией, гидрогенизацией и низкотемпературным термолізом можно получать искусственное жидкое топливо.

*Гідрогенізація* применяется в настоящее время в ЮАР и КНР. Заключается в насыщении углеводородных компонентов органической массы топлива (бурый и низкометаморфизованный каменный уголь марки Д, ДГ, Г, горючие сланцы и др.) водородом или гомологами метана под высоким давлением (20-30МПа), в условиях повышенных температур (380-550°С), в присутствии каталізаторов, в целях получения жидкого топлива и горючих газов. При температуре 500-

кацією вугілля. Викопне паливо, призначене для гідрогенізації, повинне бути малозольним і малосірчанним зі змістом вуглецю не більш 85% і водню – не менш 4,5%.

Одержала поширення глибока високотемпературна переробка вугілля з одержанням коштовних технологічних продуктів.

Термоантрацит, одержуваний термообробкою при 1200-1400°C, використовується в ливарному виробництві й у якості основного наповнювача при виготовленні електродів, вуглеродистих блоків для доменних печей і футеровочних матеріалів в алюмінієвій і хімічній промисловості.

З донецького антрациту одержують карбід кальцію і електрокорунд. Термографіт, що утвориться в процесі тривалої термообробки антрациту ( $t$  більш 2500°C), використовується як мастильний матеріал. Вугле-коксово-рудна шихта, що включає крім руд і концентратів коксовий дріб'язок (до 3мм), антрацитовий штиб (до 3мм), худе вугілля (до 3мм), вапно і повернення (бракований дрібний агломерат), використовується в агломерації руд – термічному окускованні тонко здрібнених руд і концентратів шляхом їхнього спікання. При впливі на розігрітий до високої температури кам'яне чи вугілля антрацит перегрітою водяною парою одержують активовані вугілля, використовувані як сорбент у медицині, а також в очисних установках води і газу.

*Екстрагіруємі з вугіль продукти.* Послідовним впливом на буре вугілля органічними розчинниками (бензин, бензол і ін.) одержують смоли, а при впливі на смоли етанолом одержують гірський віск – коштовна сировина для антикорозійних покрив, спеціальних паперів. Гумінові

700°C и давлении водорода 3-5МПа конечным продуктом будет метан, и процесс называется гидрогазификацией угля. Ископаемое топливо, предназначенное для гидрогенезации, должно быть малозольным и малосернистым с содержанием углерода не более 85% и водорода – не менее 4,5%.

Получила распространение глубокая высокотемпературная переработка угля с получением ценных технологических продуктов.

Термоантрацит, получаемый термообработкой при 1200-1400°C, используется в литейном производстве и в качестве основного наполнителя при изготовлении электродов, углеродистых блоков для доменных печей и футеровочных материалов в алюминиевой и химической промышленности.

Из донецкого антрацита получают карбид кальция и электрокорунд. Термографит, образующийся в процессе длительной термообработки антрацита ( $t$  более 2500°C), используется как смазочный материал. Угле-коксово-рудная шихта, включающая помимо руд и концентратов коксовую мелочь (до 3мм), антрацитовый штыб (до 3мм), тощий уголь (до 3мм), известь и возврат (бракованный мелкий агломерат), используется в агломерации руд – термическом окусковании тонко измельченных руд и концентратов путем их спекания. При воздействии на разогретый до высокой температуры каменный уголь или антрацит перегретым водяным паром получают активированные угли, используемые как сорбент в медицине, а также в очистных установках воды и газа.

*Экстрагируемые из углей продукты.* Последовательным воздействием на бурый уголь органическими растворителями (бензин, бензол и др.) получают смолы, а при воздействии на смолы этанолом получают



кислоти витягаються з дебітумінізованого вугілля впливом водяних лужних розчинів. Використовуються в електротехнічній промисловості і буровій справі.

*Використання твердих і газоподібних відходів видобутку переробки вугілля.* Відходи, одержані в процесі видобутку і використання вкопних вугілля, представлені твердими, рідкими і газоподібними продуктами. Це розкривні і шахтні гірські породи, відходи збагачення, золошлакові залишки спалювання вугілля на електростанціях, відкачувані із шахти води, і різноманітні гази – метан, оксид (З) і діоксид (З<sub>2</sub>) вуглеці. Вони складають величезні (близько 30-40млн.т. у рік) мінеральні маси, що поки використовуються в незначних обсягах.

У відвалах шахт щорічно складається до 25млн.т. відходів. Питомий обсяг породи, видаваної із шахти, досягає 0,2т на 1т добутого вугілля. Зольність вугілля, що добуваються шахтами, безупинно зростає, збільшуючись з 22,2% (1970р) до 29,4% (1990р) і 33,8% (1996р). В останні роки відбулося незначне зменшення цього показника. Від гірської маси, що надходить на збагачувальні фабрики, приблизно 20% іде у відвали. Усього в Донбасі нараховується близько 1200 відвалів. Золошлакові відходи ТЕС досягають 10млн.т.

У складованій гірській масі містяться від 10-20% (ЦОФ) до 20-25% (шахтні терриконі) палих компонентів. При газифікації 1т відходів можна одержати 500-100м<sup>3</sup> пального газу.

Перегорілі відходи, складовані у відвалах, можна використовувати при будівництві доріг, дамб і виробництві будівельних матеріалів – цегли, дренажних труб, ізоляційних матеріалів, низькомарочної цегли.

горний воск – ценне сирье для антикоррозійних покриттів, спеціальних бумаг. Гуминовые кислоти извлекаются из дебитуминизированных углей воздействием водных щелочных растворов. Используются в электротехнической промышленности и буровом деле.

*Использование твердых и газообразных отходов добычи переработки углей.* Отходы, получаемые в процессе добычи и использования ископаемых углей, представлены твердыми, жидкими и газообразными продуктами. Это вскрышные и шахтные горные породы, отходы обогащения, золошлаковые остатки сжигания углей на электростанциях, откачиваемые из шахты воды, и разнообразные газы – метан, оксид (СО) и диоксид (СО<sub>2</sub>) углерода. Они составляют огромные (около 30-40млн.т. в год) минеральные массы, которые пока используются в незначительных объемах.

В отвалах шахт ежегодно складывается до 25млн.т. отходов. Удельный объем породы, выдаваемой из шахты, достигает 0,2т на 1т добытого угля. Зольность добываемых шахтами углей непрерывно возрастает, увеличиваясь с 22,2% (1970г) до 29,4% (1990г) и 33,8% (1996г). В последние годы произошло незначительное уменьшение этого показателя. От поступающей на обогатительные фабрики горной массы примерно 20% уходит в отвалы. Всего в Донбассе насчитывается около 1200 отвалов. Золошлаковые отходы ТЭС достигают 10млн.т.

В складываемой горной массе содержатся от 10-20% (ЦОФ) до 20-25% (шахтные терриконы) горючих компонентов. При газификации 1т отходов можно получить 500-100м<sup>3</sup> горючего газа.

Перегоревшие отходы, складываемые в отвалах, можно использовать при строительстве дорог, дамб и производстве

У гірській металургії золошлакові відходи можна використовувати як низькосортні руди при виробництві заліза. Зола деяких шарів Донбасу після відповідної підготовки може бути використана як алюмінієва сировина. Окремі мікроелементи – Ge, Ga, Mg, Pb, Zn – містяться в зольних віднесеннях ТЕС. Шахтні породи і відходи збагачувальних фабрик, що містять  $\text{CaCO}_3$ , Zn і В можуть бути використані в сільському господарстві.

Дренажні води діючих і закритих шахт можуть бути використані для технічного водопостачання, поливу, а в окремих випадках, при відповідній очищенні, для питних нестатків.

При роботі шахт метан витягають двома шляхами: за допомогою вентиляції і дегазації. Концентрація метану у вентиляційному струмені 0,5-2%, у вентиляційних ставах підземної дегазації до 30-35%, а на устя поверхневих дегазаційних свердловин до 95-98%. Метан, що витягається, використовується в казанових установках, для заправки автомобілів, виробництва електроенергії. Низькі концентрації метану можна спалювати в сумішах з іншими видами палива.

строительных материалов – кирпича, дренажных труб, изоляционных материалов, низкомарочных цементов.

В горной металлургии золошлаковые отходы можно использовать как низкосортные руды при производстве железа. Зола некоторых пластов Донбасса после соответствующей подготовки может быть использована как алюминиевое сырье. Отдельные микроэлементы – Ge, Ga, Mg, Pb, Zn – содержатся в зольных уносах ТЭС. Шахтные породы и отходы обогатительных фабрик, содержащие Ca, K, Zn и В могут быть использованы в сельском хозяйстве.

Дренажные воды действующих и закрытых шахт могут быть использованы для технического водоснабжения, полива, а в отдельных случаях, при соответствующей очистке – для питьевых нужд.

При работе шахт метан извлекают двумя путями: с помощью вентиляции и дегазации. Концентрация метана в вентиляционной струе 0,5-2%, в вентиляционных ставах подземной дегазации до 30-35%, а на устье поверхностных дегазационных скважин до 95-98%. Извлекаемый метан используется в котельных установках, для заправки автомобилей, производства электроэнергии. Низкие концентрации метана можно сжигать в смесях с другими видами топлива.

### 5.9 Закономірності утворення і формування генетичних груп палих копалин

Як показують спостереження за сучасними болотами й озерами, процес утворення торфу і сапропелю йде в приповерхньому шарі (до 1м). При подальшому похованні в ньому поступово припиняються процеси біохімічних перетворень і відбуваються тільки хімічні перетворення. На стадії бурих вугіль закінчується процес діагенезу. Подальші зміни відбуваються з переходом у новий якісний стан – вугілля стають кам'яними. Наступні їхні перетворення відбуваються в кілька етапів катагенезу, що іменуються стадіями метаморфізму. До початкових стадій відносяться вугілля марок Д-Г, до середніх – Ж, ДО, ОС і частково П (пісні спікливого), до високих – частина, що залишилася, Т и ПА. Стадією напівантрацитів катагенез завершується і починається метагенез. На цьому рубежі відбувається новий якісний скачок, кам'яний вугілля переходить в антрацит. В антрацитах виділяють декілька послідовних стадій (до 7) метаморфізму – 9А, 10А, 11А, 12А, 13А и 14А (див.табл.5.4).

### 5.10 Мікрокомпонентний склад і генетична класифікація вугіль

Складові частини викопних вугіль, що утворилися з однотипного вихідного рослинного матеріалу в однакових умовах перетворення розрізняються при мікроскопічному дослідженні і називаються *мікрокомпонентами* (мацералами).

Кам'яні вугілля містять чотири групи мацералів (вітриніт, семівітриніт, фюзеніт

### 5.9 Закономерности образования и формирования генетических групп горючих ископаемых

Как показывают наблюдения за современными болотами и озерами, процесс образования торфа и сапропеля идет в приповерхностном слое (до 1м). При дальнейшем захоронении в нем постепенно прекращаются процессы биохимических преобразований и происходят только химические превращения. На стадии бурых углей заканчивается процесс диагенеза. Дальнейшие изменения происходят с переходом в новое качественное состояние – угли становятся каменными. Последующие их преобразования происходят в несколько этапов катагенеза, которые именуются стадиями метаморфизма. К начальным стадиям относятся угли марок Д-Г, к средним – Ж, К, ОС и частично Т (отощенные спекающиеся), к высоким – оставшаяся часть Т и ПА. Стадией полуантрацитов катагенез завершается и начинается метагенез. На этом рубеже происходит новый качественный скачок, каменный уголь переходит в антрацит. В антрацитах выделяют несколько последовательных стадий (до 7) метаморфизма – 9А, 10А, 11А, 12А, 13А и 14А (см.табл.5.4).

### 5.10 Микрокомпонентный состав и генетическая классификация углей

Составные части ископаемых углей, образовавшиеся из однотипного исходного растительного материала в одинаковых условиях превращения, различаются при микроскопическом исследовании и называются *микрокомпонентами* (мацералами).

Каменные угли содержат четыре группы мацералов (витринит, семивитринит,

і ліптініт); бурі – три (гумініт, інтерніт, ліптініт). *Вітриніт* і *семівітриніт* відповідають гумініту і являють собою що зберегли чи не зберегли структуру залишки лігніно-целюлозних тканин рослин, що мають під мікроскопом у відбитому світлі коричнево чи оранжево-червоний колір. *Фюзеніт* відповідає інтерніту і являє собою під мікроскопом безструктурні залишки зберегли, що чи структуру, рослинних тканин чорного кольору. Він володіє найвищою відбивною здатністю. *Ліптініт* представлений спорами, смоляними тілами, шкірочкою листів (кутикулою), тілами водоростей і їх залишків. На основі цих мікрокомпонентів складена генетична класифікація вугіль (табл.5.11).

фюзенит и липтинит); бурые – три (гуминит, интернит, липтинит). *Витринит* и *семивитринит* соответствуют гуминиту и представляют собой сохранившие или не сохранившие структуру остатки лигнино-целлюлозных тканей растений, имеющих под микроскопом в отраженном свете коричнево или оранжево-красный цвет. *Фюзенит* соответствует интерниту и представляет собой под микроскопом сохранившие структуру или бесструктурные остатки растительных тканей черного цвета. Он обладает наивысшей отражательной способностью. *Липтинит* представлен спорами, смоляными телами, кожицей листьев (кутикулой), телами водорослей и их остатками. На основе этих микрокомпонентов составлена генетическая классификация углей (табл.5.11).

Таблица 5.11

Схема генетичної класифікації вугіль

Група	Клас	Петрографічний тип за структурою	Мікрокомпонентний склад
Гумоліти	Гелітоліти	Кларенові та дюрено-кларенові	Переважає вітриніту
	Фюзеноліти	Кларено-дюренові та дюренові	Разноманітні співвідношення зі значним вмістом фюзеніту, ліптініту або їх сумішей
	Мікстрогумоліти		
	Ліпоїдоліти	Ліптобіоліти	Переважає ліптініту
Ліптобіоліти			
Сапрогумоліти	Гумітосапропеліти	Кеннелі, касьяніти та ін.	Суміші структурного та бесструктурного вітриніту та ліптініту
	Сапрогумоліти		
Сапропеліти	Власно сапропеліти	Богхеди	Переважно структурний та бесструктурний ліптініт

Схема генетической классификации углей

Группа	Класс	Петрографический тип по структуре	Микрокомпонентный состав
Гумолиты	Гелитолиты	Клареновые и дорено-клареновые	Преобладание витринита
	Фюзенолиты	Кларено-дюреновые и дюреновые	Разнообразные соотношения со значительным содержанием фюзинита, лейптинита или их смесей
	Микстрогумолиты		
	Липоидолиты	Липтобиолиты	Преобладание липтинита
Сапрогумолиты	Гумитосапропелиты	Кеннели, касьяниты и др.	Смеси структурного и бесструктурного витринита и липтинита
	Сапрогумолиты		
Сапропелиты	Собственно сапропелиты	Богхеды	Преимущественно структурный и бесструктурный липтинит

### 5.11 Родовища горючих копалин

У загальному випадку під родовищем корисної копалини розуміють природне відособлене компакте скупчення корисного компонента в земній корі, що займає визначений обсяг і присвячене, звичайно до якої-небудь єдиної тектонічної чи структури серії однотипних структур. Воно має природні геологічні границі: виклинювання, контури кондиційних параметрів; тектонічні і літологічні екрани і т.п. Розміри окремих родовищ складають від одиниць до декількох десятків і навіть сотень км<sup>2</sup>.

Родовище вугілля є промисловим, якщо витяг корисної копалини на даному рівні розвитку продуктивних сил є економічно вигідним. У ряді випадків на якомусь етапі розвитку суспільства від цього принципу відсуваються і ведуть розробку нерентабельних родовищ виходячи із суспільної необхідності. Вугільні шари можуть безупинно простиратися

### 5.11 Месторождения горючих ископаемых

В общем случае под месторождением полезного ископаемого понимают природное обособленное компактное скопление полезного компонента в земной коре, занимающее определенный объем и приуроченное обычно к какой-либо единой тектонической структуре или серии однотипных структур. Оно имеет естественные геологические границы: выклинивание, контуры кондиционных параметров, тектонические и литологические экраны и т.п. Размеры отдельных месторождений составляют от единиц до нескольких десятков и даже сотен км<sup>2</sup>.

Месторождение угля является промышленным, если извлечение полезного ископаемого на данном уровне развития производительных сил является экономически выгодным. В ряде случаев на каком-то этапе развития общества от этого принципа отступают и ведут разработку нерентабельных месторождений,

сотні і тисячі км<sup>2</sup>, то границі родовищ визначаються не геологічними факторами, а технічними можливостями витягу корисної викопного, тобто границями шахт. У свою чергу групи шахт на основі спільності геологічної будівлі й умов розвитку промислової інфраструктури поєднують у геолого-промислові райони.

Геолого-промислові райони є складовою частиною вугільних басейнів, що виділяють по спільності геологічних умов. У свою чергу басейни і провінції вугле накопичення поєднуються в пояси вугле накопичення – карбоновий, нижньопермський (мал.5.2), юрський і ін.

Переважає більшість вугленосних басейнів і родовищ, залягаючи переважно в синклінальних структурах, перекривається більш молодими, а іноді (при насуваннях) і більш древніми відкладеннями. Якщо вугленосні відкладення басейну перекриті безвугільними осадами і мають лише одиничні ізольовані оголення вугленосних порід, такий басейн називається *закритим*; при виході на денну поверхню переважної частини вугленосної товщі басейн називається відкритим.

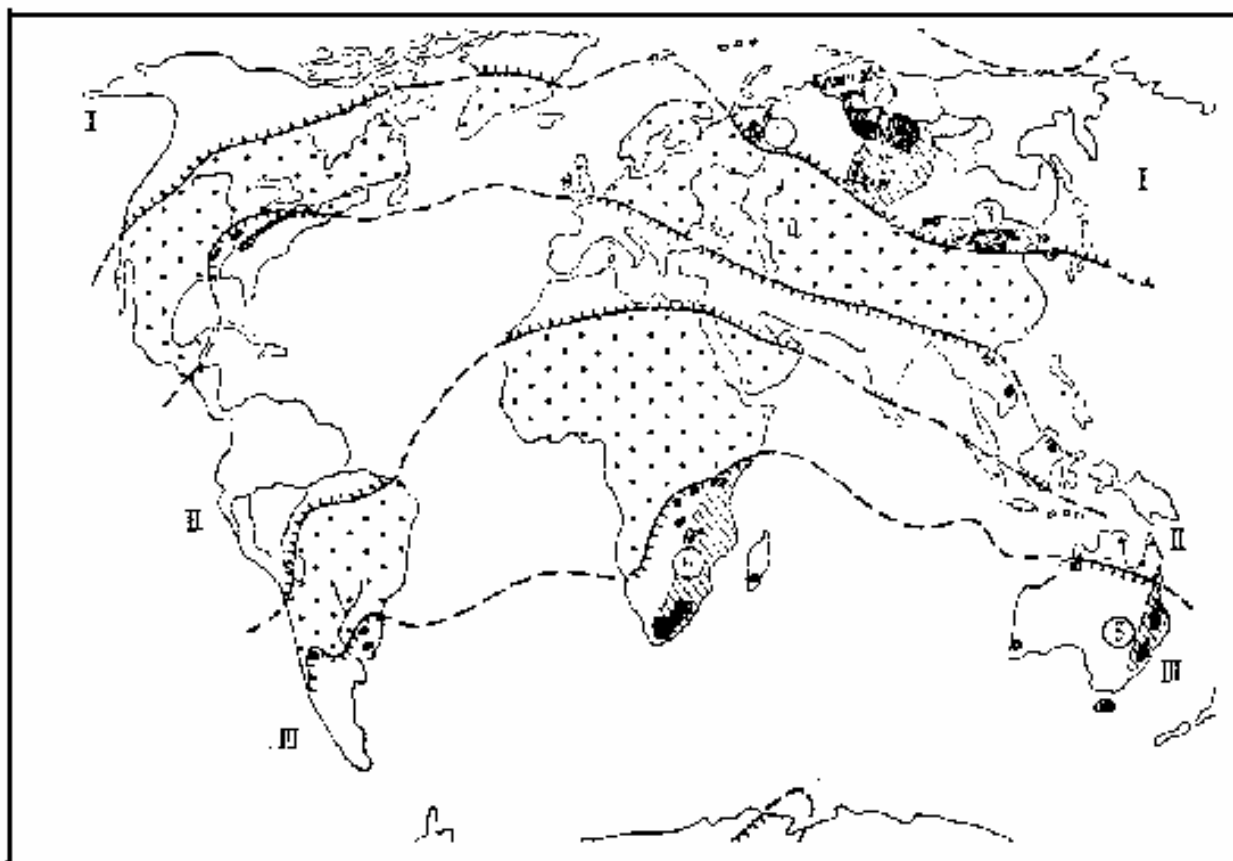
При описі вугленосності басейнів користаються наступними термінами.

исходя из общественной необходимости. Т.к. угольные пласты могут непрерывно простираться сотни и тысячи км<sup>2</sup>, то границы месторождений определяются не геологическими факторами, а техническими возможностями извлечения полезного ископаемого, т.е. границами шахт. В свою очередь группы шахт на основе общности геологического строения и условий развития промышленной инфраструктуры объединяют в геолого-промышленные районы.

Геолого-промышленные районы являются составной частью угольных бассейнов, которые выделяют по общности геологических условий. В свою очередь бассейны и провинции угленакпления объединяются в пояса угленакпления – карбоновый, нижнепермский (рис.5.2), юрский и др.

Преобладающее большинство угленосных бассейнов и месторождений, залягая преимущественно в синклинальных структурах, перекрывается более молодыми, а иногда (при надвигах) и более древними отложениями. Если угленосные отложения бассейна перекрываются безугольными осадками и имеются лишь единичные изолированные обнажения угленосных пород, такой бассейн называется *закрытым*; при выходе на дневную поверхность преобладающей части угленосной толщи бассейн называется открытым.

При описании угленосности бассейнов пользуются следующими терминами.



Мал.5.2. Нижньопермські пояси вуглеутворення (К.В.Миронов, 1992).

1 – пояси вуглеутворення: I – Північний; II – Екваторіальний; III – Південний;  
 2 – вузли вуглеутворення (цифри в кружках): 1 – Печорський; 2 – Тунгуський; 3 – Катазійський;  
 4 – Південноафриканський; 5 – Австралійський  
 3 – аридні зони; 4 – вугільні басейни; 5 – родовища.

Рис.5.2. Нижнепермские пояса углеобразования (К.В.Миронов, 1992).

1 – пояса углеобразования: I – Северный; II – Экваториальный; III – Южный;  
 2 – узлы углеобразования (цифры в кружках): 1 – Печорский; 2 – Тунгусский; 3 – Катазийский;  
 4 – Южноафриканский; 5 – Австралийский  
 3 – аридные зоны; 4 – угольные бассейны; 5 – месторождения.

*Сумарна потужність шарів вугілля  $m$*  – сума потужностей шарів вугілля, заключених у вугленосних відкладеннях чи басейну в їх частині. Її можна підрахувати для всіх шарів, включаючи і малопотужні неробочі шари (прошаруй), чи тільки для робочих шарів вугілля.

*Коефіцієнтом вугленості  $K$*  називається відношення сумарної потужності шарів вугілля  $m$  до загальної потужності вугленосних відкладень  $M$ , що укладає ці шари, виражене у відсотках:

*Суммарная мощность пластов угля  $m$*  – сумма мощностей пластов угля, заключенных в угленосных отложениях бассейна или в их части. Ее можно подсчитать для всех пластов, включая и маломощные нерабочие пласты (прослой), или только для рабочих пластов угля.

*Кoeffициентом углености  $K$*  называется отношение суммарной мощности пластов угля  $m$  к общей мощности угленосных отложений  $M$ , заключающей эти пласты, выраженное в процентах:

$$K = \frac{m}{M} \cdot 100 \%$$

Коефіцієнт вугленості підраховується для всіх шарів вугілля, включаючи і неробочі (загальна вугленість), чи тільки для робочих шарів вугілля (робочий коефіцієнт вугленості). Підрахунок його виробляється для досить могутніх і щодо витриманих (геосинклінальних і проміжного типу) вугленосних формацій.

*Вуглещільністю* називається кількість вугільної маси (у тоннах), що приходить на 1км<sup>2</sup> горизонтальній поверхні родовища. Її звичайно використовують для оцінки ресурсів у платформних родовищах з лінзоподібними й іншими нестійкими по потужності покладами вугілля і для слачи вивчених вугленосних областей.

## 5.12 Формування вугільного шару і вугленосної формації

### 5.12.1 Форми залягання викопних вугілля

Найбільш характерною формою залягання викопних вугілля є шар (мал.5.3), рідше вугілля залягають у виді лінз (мал.5.4) чи тіл більш складної форми. Вугільні шари можуть складатися цілком з вугілля від ґрунту до покрівлі, але часто вугільна маса включає тонкі мінеральні прошаруй, що розділяють шар на два-три і кілька шарів, названих пачками (мал.5.5). Шар вугілля, що не має мінеральних прошарків, називають шаром простої чи будівлі простим, при наявності двох-трьох прошарків шар відноситься до складних, при більшому числі прошарків – до дуже складного. Прошаруй породи у вугільних шарах мають різну потужність і довжину, тому той самий вугільний шар

$$K = \frac{m}{M} \cdot 100 \%$$

Коэффициент углености подсчитывается для всех пластов угля, включая и нерабочие (общая угленость), или только для рабочих пластов угля (рабочий коэффициент углености). Подсчет его производится для достаточно мощных и относительно выдержанных (геосинклиналиных и промежуточного типа) угленосных формаций.

*Углеплотностью* называется количество угольной массы (в тоннах), приходящееся на 1км<sup>2</sup> горизонтальной поверхности месторождения. Ее обычно используют для оценки ресурсов в платформенных месторождениях с линзообразными и другими непостоянными по мощности залежами углей и для слабоизученных угленосных областей.

## 5.12 Формирование угольного пласта и угленосной формации

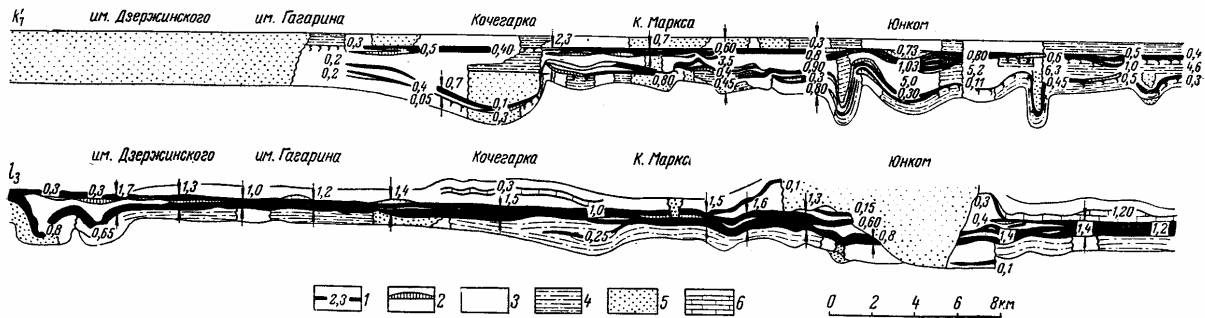
### 5.12.1 Формы залегания ископаемых углей

Наиболее характерной формой залегания ископаемых углей является пласт (рис.5.3), реже угли залегают в виде линз (рис.5.4) или тел более сложной формы. Угольные пласты могут состоять полностью из угля от почвы до кровли, но часто угольная масса включает тонкие минеральные прослои, разделяющие пласт на два-три и несколько слоев, называемых пачками (рис.5.5). Пласт угля, не имеющий минеральных прослоев, называют пластом простого строения или простым, при наличии двух-трех прослоев пласт относится к сложным, при большем числе прослоев – к очень сложным. Прослои породы в угольных пластах имеют различную мощность и про-



у різних частинах може мати просту і складну будівлю. Іноді потужність про шарків збільшується настільки, що один шар розділяється (розщеплюється) на два і більш самостійних. Таке явище часте спостерігається в басейнах платформних і перехідних областей.

тяженність, поэтому один и тот же угольный пласт в разных частях может иметь простое и сложное строение. Иногда мощность прослоев увеличивается настолько, что один пласт разделяется (расщепляется) на два и более самостоятельных. Такое явление часто наблюдается в бассейнах платформенных и переходных областей.

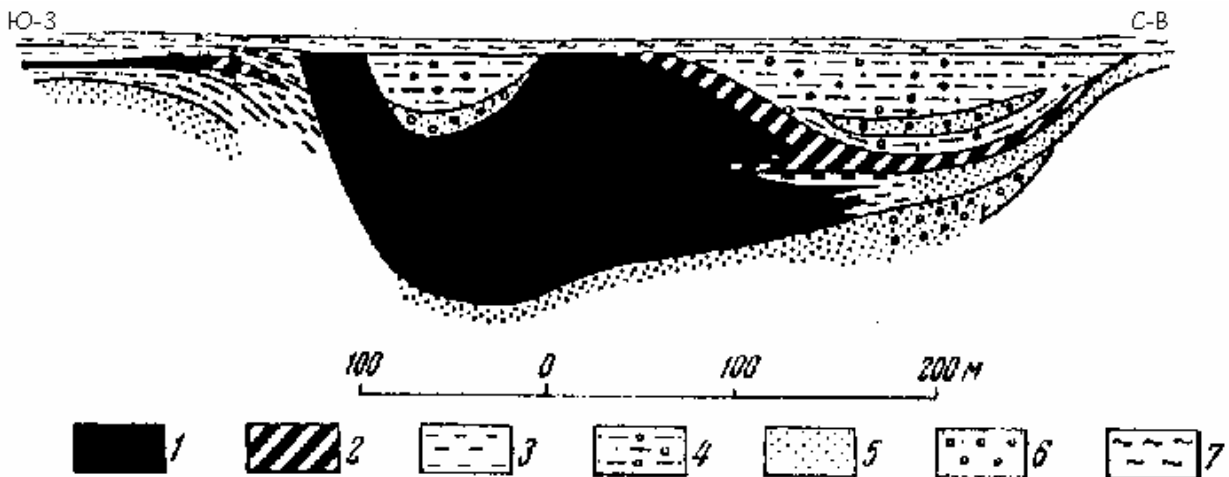


Мал.5.3. Морфологія вугільних шарів  $k_7^1$  і  $l_3$  на Головній антиклиналі Донбасу, по М.Л.Левенштейну (1972).

1 — вугільна пачка і її потужність; 2 — вуглистый сланець; 3 — аргіліт; 4 — алевроліт; 5 — пісковик; 6 — вапняк.

Рис.5.3. Морфология угольных пластов  $k_7^1$  и  $l_3$  на Главной антиклинали Донбасса, по М.Л.Левенштейну (1972):

1 — угольная пачка и ее мощность; 2 — углистый сланец; 3 — аргиллит; 4 — алевролит; 5 — песчаник; 6 — известняк

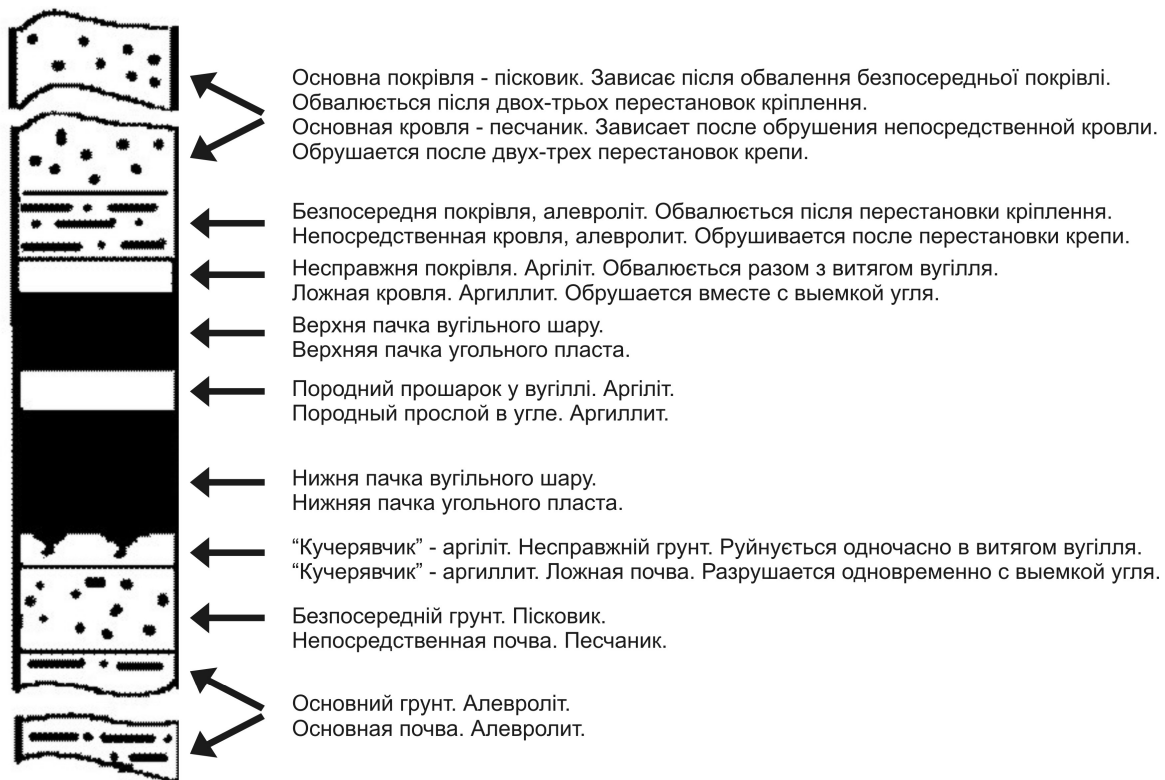


Мал.5.4. Лінзообразний поклад Кривльовського родовища. Південно-Уральський басейн. По О.С.Адріановій (1964).

1 — вугілля; 2 — глини вуглисті; 3 — глини; 4 — глини піщані; 5 — піски; 6 — піщано-галечникові відкладення; 7 — покривні відкладення.

Рис.5.4. Линзообразная залежь Кривлевского месторождения. Южно-Уральский бассейн. По О.С.Адриановой (1964).

1 — уголь; 2 — глины углистые; 3 — глины; 4 — глины песчаные; 5 — пески; 6 — песчано-галечниковые отложения; 7 — покровные отложения.



Мал. 5.5. Типова структура вугільного шару.  
 Рис. 5.5. Типовая структура угольного пласта.

У ґрунті вугільних шарів частіше залягають глинисті породи з грудкуватою текстурою, що нагадує ґрунтовий шар зі скланопереплитаючимися коріннями рослин. У Донбасі такі ґрунти шарів називають «кучерявчиками». Покрівля може бути складена будь-якою осадовою породою, частіше глинистої чи алевроитовий, але нерідко піщаниками, гравелітами і вапняками.

По потужності вугільні шари різноманітні: від міліметрових слойків до могутніх (у кілька десятків метрів) і надпотужних. Наприклад, складний шар – 330м, родовище Латроб-Веллі, Австралія чи пакет зближених шарів «Чорний Голіаф» – 450м, родовище Хат-Крик, Канада. В Україні для кам'яних вугіль прийнятий наступне підрозділ шарів по потужності: тонкі (менш 0,7м), середньої потужності (0,71-1,2м), потужні (більш 1,2м). Для бурих вугіль ці межі відповідно становлять 2, 2,1-4 і більш 4м.

В почве угольных пластов чаще всего залегают глинистые породы с комковатой текстурой, напоминающей почвенный слой со сложнопереплетающимися корнями растений. В Донбассе такие почвы пластов называют «кучерявчиками». Кровля может быть сложена любой осадочной породой, чаще всего глинистой или алевроитовой, но нередко песчаниками, гравелитами и известняками.

По мощности угольные пласты разнообразны: от миллиметровых слойков до мощных (в несколько десятков метров) и сверхмощных. Например, сложный пласт – 330м, месторождение Латроб-Велли, Австралия или пакет сближенных пластов «Черный Голиаф» – 450м, месторождение Хат-Крик, Канада. В Украине для каменных углей принято следующее подразделение пластов по мощности: тонкие (менее 0,7м), средней мощности (0,71-1,2м), мощные (более 1,2м). Для бурых углей эти пределы составляют соответственно 2, 2,1-4 и более 4м.

Нижня межа, при якому вважається економічно доцільною видобуток вугілля називається мінімальною робочою чи потужністю кондиційної. Вона встановлюється на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням гірничо-геологічних умов відпрацювання. У різних країнах вона різна. У середньому вона варіює для бурих вугілля 0,7-1,0м, для кам'яних і антрацитів 0,55-2,0м.

Згідно нормативних документів ДКЗ (Державна комісія України по запасах, 2004р) для цілей розвідки шари поділяють на витримані, відносно витримані і невитримані.

Витримані шари на площі оцінки (не менш 4 км<sup>2</sup>) мають відхилення в окремих шаропересіченнях від середнього значення для шарів середньої потужності не більш 20%, а для потужних – не більш 25%. Відносно витримані відповідно не більш 35 і 50%.

Невитриманими вважаються шари які на площі оцінки внаслідок різкої зміни потужності чи будови чи показників якості на багатьох локальних ділянках втрачають робоче значення. Всі шари з потужністю до 0,7м відносяться до невитриманих.

#### 5.12.2 Умови формування вугільного шару

Основною умовою нагромадження вугільного шару є наявність достатньої кількості вихідного матеріалу, що відповідає (теплий) клімат, а також геотектонічний режим тривалого прогинання, компенсуемий торфонакопиченням. Найбільше часто сприятливе сполучення всіх цих факторів спостерігається в прибережно-морський (мал.5.6) і озерно-болотній обстановці (мал.5.7).

Нижний предел, при котором считается экономически целесообразной добыча углей, называется минимальной рабочей мощностью или кондиционной. Она устанавливается на основании технико-экономических расчетов с учетом горно-геологических условий отработки. В разных странах она различна. В среднем она варьирует для бурых углей 0,7-1,0м, для каменных и антрацитов – 0,55-2,0м.

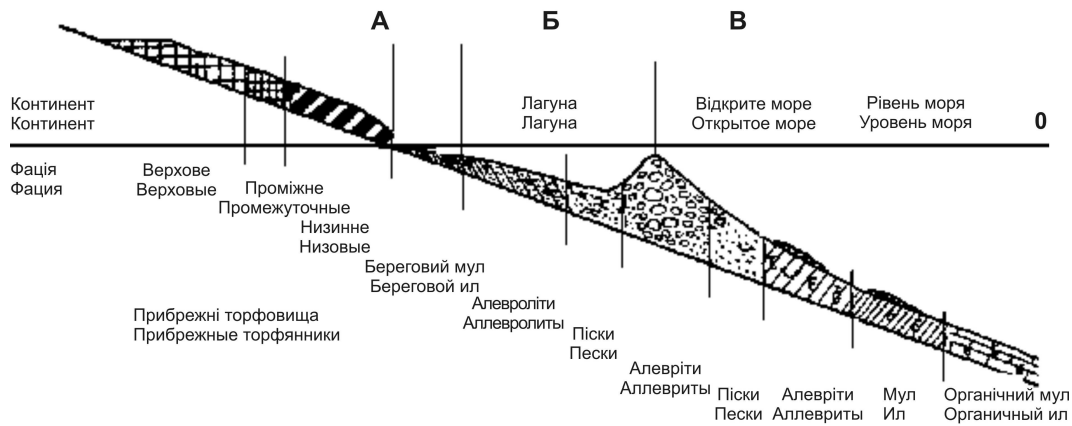
Согласно нормативным документам ГКЗ (Государственная комиссия Украины по запасам, 2004г) для целей разведки пласты подразделяются на выдержанные, относительно выдержанные и невыдержанные.

Выдержанные пласты на площади оценки (не меньше 4 км<sup>2</sup>) имеют отклонения в отдельных пластопересечениях от среднего значения для пластов средней мощности не более 20%, а для мощных – не более 25%. Относительно выдержанные соответственно не более 35 и 50%.

Невыдержанными считаются пласты которые на площади оценки вследствие резкой изменчивости мощности или строения или показателей качества на многих локальных участках теряют рабочее значение. Все пласты с мощностью до 0,7м относятся к невыдержанным.

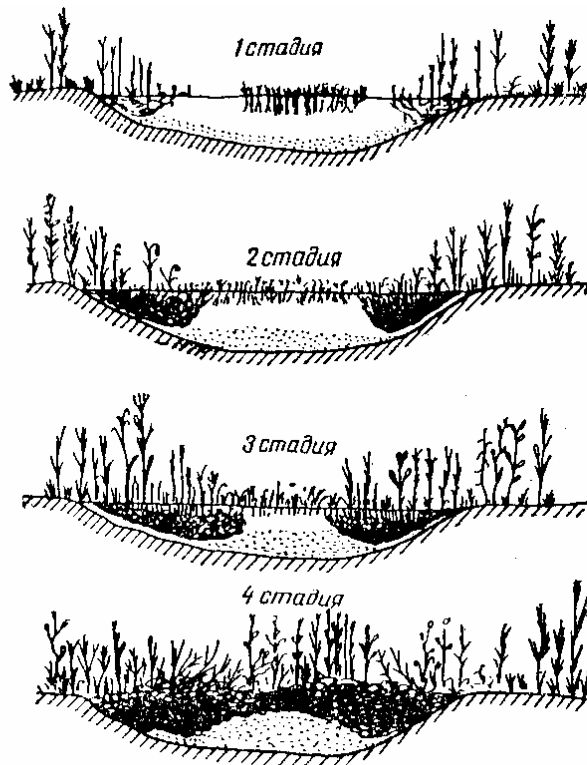
#### 5.12.2 Условья формирования угольного пласта

Основным условием накопления угольного пласта является наличие достаточного количества исходного материала, соответствующий (теплый) климат, а также геотектонический режим длительного прогибания, компенсируемый торфонакоплением. Наиболее часто благоприятное сочетание всех этих факторов наблюдается в прибережно-морской (рис.5.6) и озерно-болотной обстановке (рис.5.7).



Мал. 5.6. Схема-розріз розташування фацій прибережно-континентальної (А), прибережно-морської (Б) морської (У) обстановок осадконакопичення, по Г.А.Іванову (1967).

Рис. 5.6. Схема-разрез расположения фаций прибережно-континентальной (А), прибережно-морской (Б) морской (В) обстановок осадконакпления, по Г.А.Иванову (1967).



Мал.5.7. Схема заїлювання озера, по В.Р.Вільямсу (І.С.Пільдяков, 1954).

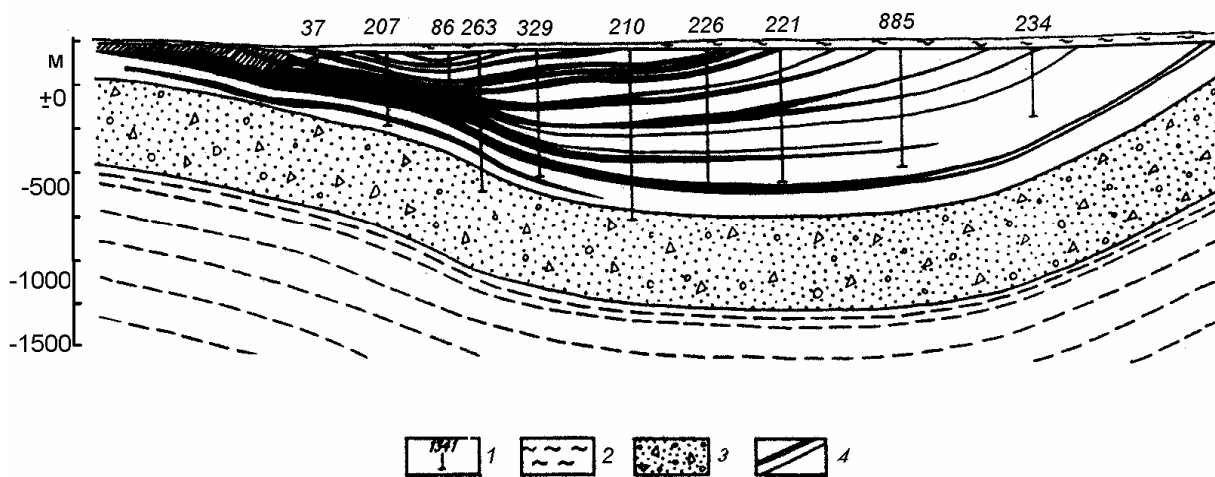
- 1 стадія – у центрі на поверхні озера розвиваються водні рослини у виді плаваючого планктону, а на дні накопичується сапропель, що утвориться з планктону, що відмирає; 2 стадія – у центрі озера на дні нагромадження сапропелю, утворення торфу в береговій зоні;
- 3 стадія – розширення процесу торфоутворення в центральній частині водойми;
- 4 стадія – повне заростання озера і перетворення його в торф'яне болото.

Рис.5.7. Схема заиливания озера, по В.Р.Вильямсу (И.С.Пельдякову, 1954).

- 1 стадія – в центрі на поверхні озера розвиваються водні рослини в виді плаваючого планктону, а на дні скапливается сапропель, образующийся из отмирающего планктона; 2 стадія – в центрі озера на дні збільшення накопленого сапропелю, утворення торфу в береговій зоні;
- 3 стадія – розширення процесу торфоутворення в центральній частині водойми;
- 4 стадія – повне заростання озера і перетворення його в торф'яне болото.

Однак при тривалому нагромадженні останків рослин водойма заповнюється, як би великий він не був і ріст торфовища припиняється. Для росту останнього повинне відбуватися постійне занурення його ложа. Однак тектонічний процес протікає не односпрямовано, і рівномірно, а з чи зміною швидкості чи занурення навіть напрямку знака руху. При зменшенні швидкості прогинання ложа ріст торфовища чи сповільнюється припиняється, верхній шар його виявляється над рівнем води. При збільшенні швидкості торфовище навпаки іде на значну глибину і ріст його також припиняється. В обох випадках над ним починає формуватися шар мінеральних утворень. Якщо чи швидкість знак тектонічних рухів відновлюються ріст торфовища відновлюється, але усередині його з'являється прошарок гірської породи. Так формуються шари різної потужності і різної будови (мал.5.8).

Однако при длительном накоплении остатков растений водоем заполняется, как бы обширен он не был, и рост торфяника прекращается. Для роста последнего должно происходить постоянное погружение его ложа. Однако тектонический процесс протекает не однонаправлено и равномерно, а с изменением или скорости погружения или даже направления знака движения. При уменьшении скорости прогибания ложа рост торфяника замедляется или прекращается, верхний слой его оказывается над уровнем воды. При увеличении скорости торфяник наоборот уходит на значительную глубину и рост его также прекращается. В обоих случаях над ним начинает формироваться слой минеральных образований. Если скорость или знак тектонических движений восстанавливаются рост торфяника возобновляется, но внутри его появляется прослой горной породы. Так формируются пласты различной мощности и различного строения (рис.5.8).



Мал.5.8. Геологічний розріз Коркинського родовища Челябінського басейну, по А.Д.Рубану (К.В.Миронов, 1992). 1 – свердловини; 2 – покривні відкладення; 3 – безвугільні відкладення коркинської свити; 4 – вугільні шари.

Рисунок 5.8. Геологический разрез Коркинского месторождения Челябинского бассейна, по А.Д.Рубану (К.В.Миронов, 1992). 1 – скважины; 2 – покровные отложения; 3 – безугольные отложения коркинской свиты; 4 – угольные пласты.

Тривалі перерви опадонакопичення і значні підйоми приведуть до частковому, а іноді і повному розмиву торфовища.

Таким чином, шари вугілля являють собою складні геологічні тіла, що складаються з чергуючихся прошарків мінерального й органічного матеріалу. При цьому органічний матеріал навіть у межах одного шару якісно неоднорідний унаслідок зміни складових його рослин, що відмирають, і внаслідок умов первинного розкладання, що змінюються, вихідного матеріалу.

### 5.12.3 Вугленосна формація й умови її формування

Під вугленосною формацією варто розуміти ритмічну товщу парагенетично зв'язаних між собою комплексів осадових вугленосних порід. Загальна потужність вугленосної формації визначається глибиною занурення басейну опадонакопичення, а потужність шарів і послідовність чергування складу порід у розрізі і по площі залежать від амплітуд, періодичного і локального чи широкого розвитку накладених більш дрібних коливальних рухів.

Характер коливальних рухів різний у геосинклінальних, платформних і в областях з перехідним режимом розвитку. У зв'язку з цим у вугільній геології прийнято класифікувати вугленосні формації на геосинклінальні, перехідні і платформні.

Продолжительные перерывы осадконакопления и значительные подъемы приводят к частичному, а иногда и полному размыву торфяника.

Таким образом, пласты угля представляют собой сложные геологические тела, состоящие из чередующихся прослоев минерального и органического материала. При этом органический материал даже в пределах одного пласта качественно неоднороден вследствие изменения составляющих его отмирающих растений и вследствие изменяющихся условий первичного разложения исходного материала.

### 5.12.3 Угленосная формація и условия её формирования

Под угленосной формацией следует понимать ритмическую толщу парагенетически связанных между собой комплексов осадочных угленосных пород. Общая мощность угленосной формації определяется глубиной погружения бассейна осадконакопления, а мощность пластов и последовательность чередования состава пород в разрезе и по площади зависят от амплитуд, периодического и локального или широкого развития наложенных более мелких колебаний.

Характер колебательных движений различен в геосинклиналих, платформенных и в областях с переходным режимом развития. В связи с этим в угольной геологии принято классифицировать угленосные формації на геосинклинальные, переходные и платформенные.

#### 5.12.4 Зміни вугленосних формацій

Усі зміни вугленосних формацій розділяються на первинні, що відбуваються в процесі їх утворення, і вторинні, виникаючі після утворення формації. До першого відноситься регіональний метаморфізм вугіль і порід, що вміщують, до других - складчасті і розривні дислокації, магматизм, що супроводжується термальним і контактним метаморфізмом, і руйнування вугленосних формацій.

*Регіональний метаморфізм* вугіль і порід, що вміщують, викликаний підвищенням температури і тиску в міру занурення осадків вугленосної товщі, що накопичуються. У тому самому районі ступінь метаморфізму зростає зі стратиграфічною глибиною (правило Хільту). Вертикальна зональність визначається величиною геотермічного градієнта в даній ділянці земної кори, глибиною занурення і відповідно потужністю вище-залягаючих осадків. При цьому зменшення з глибиною виходу летучих речовин – одного з показників ступеня метаморфізму – відбувається нерівномірно. Прийнято вважати, що зони слабкометаморфізованих вугіль (марок Д і Г) мають потужність близько 4500м, а зона коксівних вугіль (ЖК, ОС) складає від 1200 до 1500м.

Поява складчастості і розривів у результаті підняття і скорочення довжини шарів, що випробували при прогинанні розтягання, схематично показане на мал.5.9. Найбільше чітко це явище виражене у власне-геосинклінальних зонах, де найбільшим амплітудам їх прогинання відповідають порівнянні з ними по амплітудах підняття і максимальне скорочення довжини шарів. Тут виникає типова лінійна складчастість, супрово-

#### 5.12.4 Изменения угленосных формаций

Все изменения угленосных формаций разделяются на первичные, происходящие в процессе их образования, и вторичные, возникающие после образования формации. К первым относится региональный метаморфизм углей и вмещающих пород, ко вторым – складчатые и разрывные дислокации, магматизм, сопровождающийся термальным и контактным метаморфизмом, и разрушение угленосных формаций.

*Региональный метаморфизм* углей и вмещающих пород вызван повышением температуры и давления по мере погружения накапливающихся осадков угленосной толщи. В одном и том же районе степень метаморфизма возрастает со стратиграфической глубиной (правило Хильта). Вертикальная зональность определяется величиной геотермического градиента в данном участке земной коры, глубиной погружения и соответственно мощностью вышележащих осадков. При этом уменьшение с глубиной выхода летучих веществ – одного из показателей степени метаморфизма – происходит неравномерно. Принято считать, что зоны слабкометаморфизованных углей (марок Д и Г) имеют мощность около 4500м, а зона коксующихся углей (ЖК, ОС) составляет от 1200 до 1500м.

Появление складчатости и разрывов в результате поднятия и сокращения протяженности слоев, испытавших при прогибании растяжение, схематично показано на рис.5.9. Наиболее четко это явление выражено в собственно-геосинклинальных зонах, где наибольшим амплитудам их прогибания соответствуют соизмеримые с ними по амплитудам поднятия и максимальное сокращение протяженности слоев. Здесь возникает типичная линейная склад-

джувана поруч розривів насувного і скидового типу. У субгеосинклінальній зоні вона змінюється менш орієнтованої, але зберігаючи ще лінійність, брахіскладчатостю, поступово загасаючої і перехідний у хвилясте і горизонтальне залягання шарів у субплатформній частини геосинклінального хвильового прогину.

У молодих рухливих платформах, що виникають на місці геосинкліналей, що замкнулися, основною формою залягання вугленосних формацій є брахісинкліналі, витягнуті зі складчастістю фундаменту і звичайно обмежені з однієї чи з двох сторін великими розламами скидного чи скидового характеру.

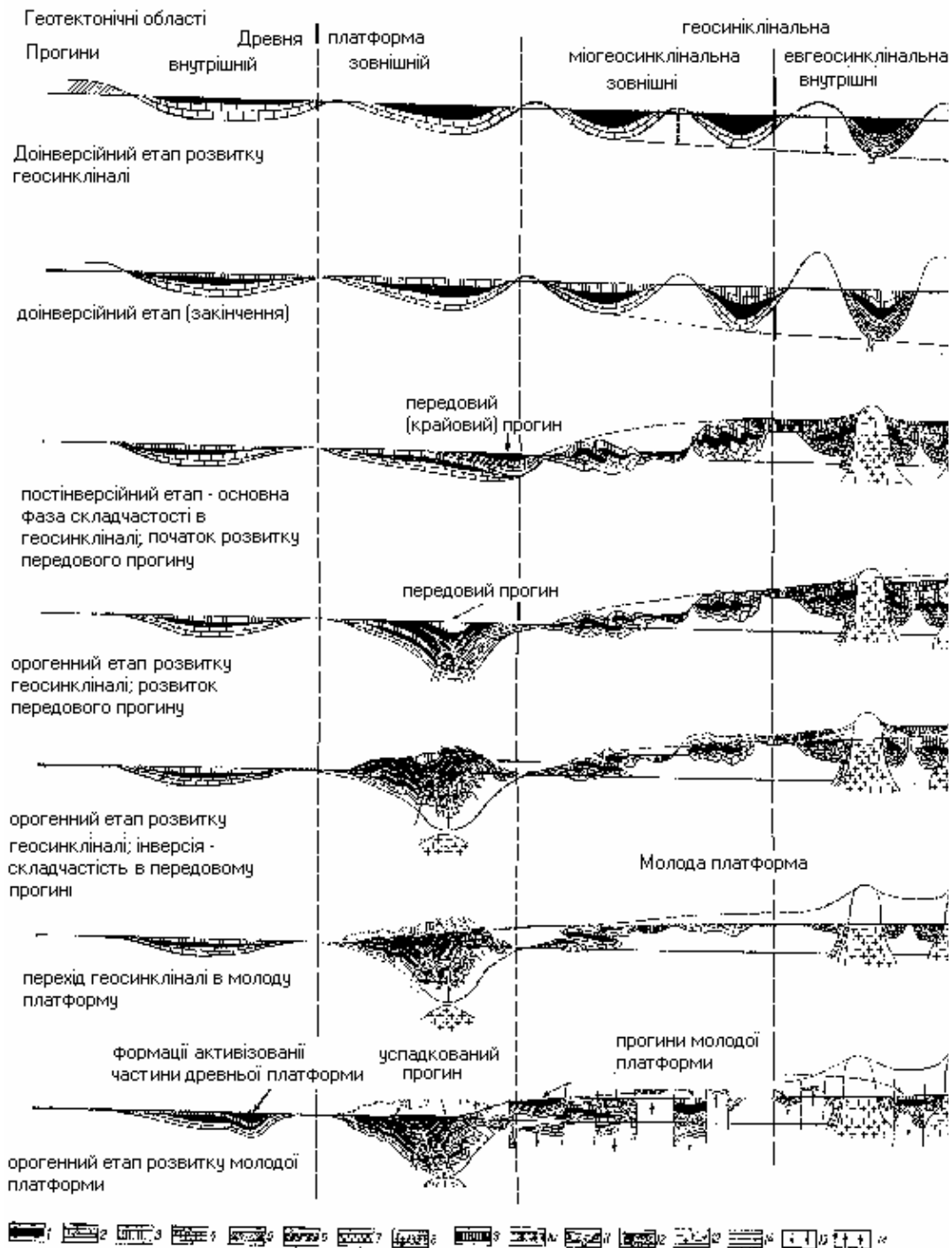
*Вулканізм.* Прояв вулканізму під час утворення вугленосних формацій нехарактерно і фіксується скоріше як виключення. Більш широко розвите впровадження різноманітних за формою і складом, переважно основних і інших, вивержених порід у вугленосні відкладення, що сформувалися вже. Вони утворять пластові (сіли), що січуть (дайки) чи масивні тіла, усі разом створюючи іноді усередині вугленосної формації просторово досить складну систему.

чатость, сопровождаемая рядом разрывов взбросового и надвигового типа. В субгеосинклиальной зоне она сменяется менее ориентированной, но сохраняющей еще линейность, брахискладчатостью, постепенно затухающей и переходящей в волнистое и горизонтальное залегание слоев в субплатформенной части геосинклиального волнового прогиба.

В молодых подвижных платформах, возникающих на месте замкнувшихся геосинклиналей, основной формой залегания угленосных формацій являются брахисинклинали, вытянутые согласно со складчатостью фундамента и обычно ограниченные с одной или с двух сторон крупными разломами сбросового или взбросового характера.

*Вулканизм.* Проявление вулканизма во время образования угленосных формацій нехарактерно и фиксируется скорее как исключение. Более широко развито внедрение разнообразных по форме и составу, преимущественно основных и других изверженных пород в сформировавшиеся уже угленосные отложения. Они образуют пластовые (силлы), секущие (дайки) или массивные тела, все вместе создавая иногда внутри угленосной формации пространственно довольно сложную систему.





Мал.5.9. Схема утворення і зміни вугленосних формацій протягом геотектонічного циклу, по Г.А.Іванову (1978). 1 – вугленосні формації; 2- утворення, що їх підстилають; 3 - відкладення, що їх перекривають; 4 – карбонатні формації; 5 – теригенні формації; 6 – дрібнозернисті теригенні відкладення; 7 – грубозернисті теригенні відкладення; 8 – конгломерати; 9 – вугленосні формації міжгірських прогинів; 10 - утворення, що їх підстилають; 11 – вилив лав; 12 – дайки і сілли основних порід; 13 – гранітні батоліти й інші вогнища кислої магми; 15 – амплітуди опускання; 16 – амплітуди підняття.

Рисунок 5.9. Схема образования и изменения угленосных формаций в течение геотектонического цикла, по Г.А.Иванову (1978). 1 – угленосные формации; 2- подстилающие образования; 3 - перекрывающие отложения; 4 – карбонатные формации; 5 – терригенные формации; 6 – мелкозернистые терригенные отложения; 7 – грубозернистые терригенные отложения; 8 – конгломераты; 9 – угленосные формации межгорных прогибов; 10 - подстилающие их образования; 11 – излияние лав; 12 – дайки и силлы основных пород; 13 – гранитные батолиты и другие очаги кислой магмы; 15 – амплитуды опускания; 16 – амплитуды поднятия.

Упровадження вивержених порід у вугленосну чи формацію її породи, що вміщають, викликає різні по інтенсивності зміни у виді термального і контактового метаморфізму. Найбільш характерне впровадження магматичних порід у геосинклінальні вугленосні формації. Тут при наявності великих гранітоїдних чи інших інтрузій вугілля під впливом термального метаморфізму перетворюються в антрацити (наприклад, кам'яновугільні родовища східного схилу Уралу). Упровадження переважно основних вивержених порід спостерігається й у платформному типі вугленосних формацій (Тунгусський басейн), де вивержені тіла роблять на вугілля термальний і контактний вплив, змінюючи вугілля до графітів включно.

Внедрение изверженных пород в угленосную формацию или вмещающие ее породы вызывает различные по интенсивности изменения в виде термального и контактового метаморфизма. Наиболее характерно внедрение магматических пород в геосинклинальные угленосные формации. Здесь при наличии крупных гранитоидных или иных интрузий угли под влиянием термального метаморфизма превращаются в антрациты (например, каменноугольные месторождения восточного склона Урала). Внедрение преимущественно основных изверженных пород наблюдается и в платформенном типе угленосных формаций (Тунгусский бассейн), где изверженные тела оказывают на угли термальное и контактное воздействие, изменяя угли до графитов включительно.

### 5.13. Основні риси геологічної будови вугільних родовищ України і країн СНД.

Характеристика родовищ надається з урахуванням класифікації вугільних формацій, запропонованої Г.А.Івановим, відповідно до якої усі вугільні родовища підрозділяються на три великі групи: платформні, що утворилися в малих по глибині і великих по площі прогинах; проміжні, що сформувалися в глибоких зовнішніх прогинах платформ і крайових частин геосинкліналей і власне геосинклінальні, що сформувалися в їхніх центральних частинах і супроводжуються активними процесами магматизму. Деякі басейни, наприклад Донецький, мають риси, характерні для всіх трьох груп (по А.З.Широкову).

#### 5.13.1. Типові родовища платформеної групи

##### 5.13.1.1 Дніпровський басейн

У Дніпровський басейн входять численні відокремлені родовища й вуглепроявлення бурого вугілля (близько 200), виявлені в основному на правобережжі р.Дніпро в смузі, що простягається на 680км з північного заходу на південний схід при ширині близько 150км у межах Житомирської, Вінницької, Київської, Черкаської, Кіровоградської, Дніпропетровської і Запорізької областей України. Найбільше промислове значення мають родовища на території Кіровоградської і Дніпропетровської областей.

У негативних формах древнього рельєфу кристалічних порід Українського щита (тектоно-ерозійних западинах) на

### 5.13. Основные черты геологического строения угольных месторождений Украины и стран СНГ.

Характеристика месторождений приводится с учетом группировки угольных формаций, предложенной Г.А.Ивановым, согласно которой все угольные месторождения подразделяются на три большие группы: платформенные, образовавшиеся в малых по глубине и обширных по площади прогибах; промежуточные, сформировавшиеся в глубоких внешних прогибах платформ и краевых частях геосинклиналей и собственно геосинклинальные, сформировавшиеся в их центральных частях и сопровождающиеся активными процессами магматизма. Некоторые бассейны, например Донецкий, имеют черты, характерные для всех трех групп (по А.З.Широкову).

#### 5.13.1. Типичные месторождения платформенной группы

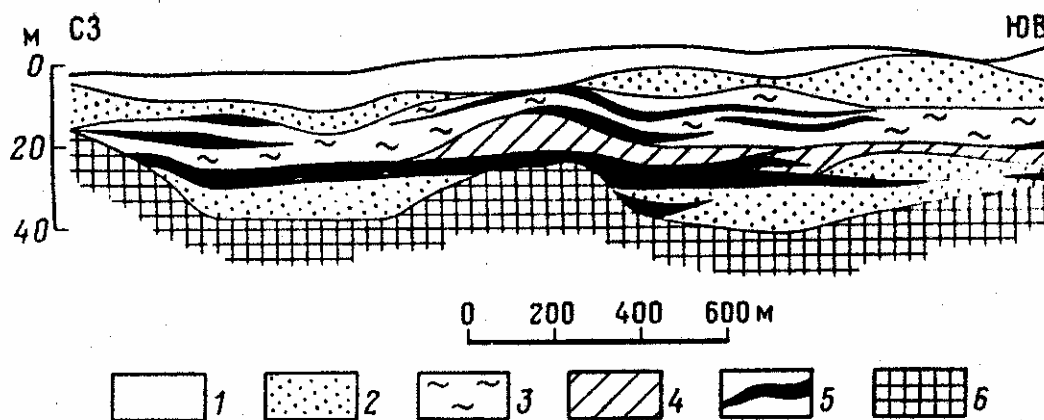
##### 5.13.1.1 Днепровский бассейн

В Днепровский бассейн входят многочисленные обособленные месторождения и углепроявления бурого угля (около 200), выявленные в основном на правобережье р.Днепр в полосе, простирающейся на 680км с СЗ на ЮВ при ширине около 150км в пределах Житомирской, Винницкой, Киевской, Черкасской, Кировоградской, Днепропетровской и Запорожской областей Украины. Наибольшее промышленное значение имеют месторождения на территории Кировоградской и Днепропетровской областей.

В отрицательных формах древнего рельефа кристаллических пород Украинского щита (тектоно-эрозионных впади-

каолинізованих продуктах їх вивітрювання залягають палеогенові і неогенові вуглеутворення. У малопотужній вугленосній формації платформного типу бучакського ярусу палеогену містяться один – два промислові поклади бурого вугілля лінзоподібної форми і складної мінливої будови. Конфігурація покладів у залежності від форм западин – витягнута, ізометрична, рукавоподібна. Розміри від декількох квадратних кілометрів до 100км<sup>2</sup>. Потужність вугленосних відкладень наростає в напрямку центральних частин западин до 45м (рідко до 60м), вугільних покладів – відповідно до 20 м. Переважна потужність покладів 3–6м, залягання горизонтальне, пологохвилясте, на окремих ділянках порушене діапирами; глибини залягання 5–160м (мал.5.10).

нах) на каолинизированных продуктах их выветривания залегают палеогеновые и неогеновые образования. В маломощной угленосной формации платформенного типа бучакского яруса палеогена содержатся одна – две промышленные залежи бурого угля линзовидной формы и сложного изменчивого строения. Конфигурация залежей в зависимости от форм впадин – вытянутая, изометричная, рукавообразная, размеры от нескольких квадратных километров до 100км<sup>2</sup>. Мощность угленосных отложений нарастает к центральным частям впадин до 45м (редко до 60м), угольных залежей – соответственно до 20 м. Преобладающая мощность залежей 3–6м, залегание горизонтальное, пологоволнистое, на отдельных участках нарушенное диапирами; глубины залегания 5–160м (рис.5.10).



Мал.5.10. Геологічний розріз Бандурівського родовища Дніпровського басейну по П.Г.Нестеренко (1954).

1 – покривні відкладення; 2 – пісок; 3 – глини; 4 – вуглисті глини; 5 – вугілля; 6 – кристалічний фундамент.

Рис. 5.10. Геологический разрез Бандуровского месторождения Днепровского бассейна по П.Г.Нестеренко (1954).

1 – покровные отложения; 2 – песок; 3 – глины; 4 – углистые глины; 5 – угли; 6 – кристаллический фундамент.

Вугілля буре, технологічної групи 1Б з показниками  $W^r = 54-58\%$ ,  $A^d = 15-30\%$ ,  $S_t^d = 3-4\%$ ,  $Q_s^{daf} = 5,1-30$ ,  $Q_i^r = 5,02-9,2$ МДж/кг; вміст смол  $T_{ск} = 10-$

Угли бурые, технологической группы 1Б с показателями  $W^r = 54-58\%$ ,  $A^d = 15-30\%$ ,  $S_t^d = 3-4\%$ ,  $Q_s^{daf} = 5,1-30$ ,  $Q_i^r = 5,02-9,2$ МДж/кг; содержание смол

18%, вихід бітумів  $T^d$  (на деяких родовищах) до 10%; використовується як енергетичне паливо, у невеликій кількості – для одержання монтан-воску. Вугілля, що направляються для спалювання, попередньо брикетуються без зв'язувальних речовин. Витрата вугілля на 1т брикетів 1,98т, теплота їх згорання  $Q_t^f = 8,8-9,0$  МДж/кг. У 1987м у басейні добувалося 8,6млн.т вугілля. На родовищах Морозівському, Бандурівському та інших (Кіровоградська обл.) видобуток вівся в основному великими розрізами (до 800–2200тис.т/рік). В даний час обсяг видобутку в басейні близько 640 тис. т у рік.

Розвідані запаси – 1,99 млрд.т, попередньо оцінені – 165млн.т. Близько 25% запасів придатні для відкритого способу видобутку. Слід зазначити встановлену золотоносність вугілля Морозівського родовища.

Резерв майбутнього освоєння – великі родовища в Дніпропетровській області: Синельниківське (305млн.т), Ново-Олександрівське (209млн.т), Верхньодніпровське (238млн.т), Аннівське (57млн.т) з вугленосністю, предоставленою покладами вугілля середньою потужністю 3–6м на глибині 60–160м.

Крім вугілля у Дніпровському басейні промислово цінність мають каоліни, що залягають у ґрунті вугленосних шарів.

5.13.1.2 Родовища Дніпровсько-Донецької западини і південно-західних областей України.

У приосьових частинах великої Дніпровсько-Донецької западини поширені невеликі по площі депресії, утворення яких

$T_{sk}=10-18\%$ , виход бітумов  $T^d$  (на некоторых месторождениях) до 10%; используются как энергетическое топливо, в небольшом количестве – для получения монтан-воска. Направляемые для сжигания угли предварительно брикетируются без связующих веществ.. Расход угля на 1т брикетов 1,98т, теплота их сгорания  $Q_t^f = 8,8-9,0$  МДж/кг. В 1987г в бассейне добывалось 8,6млн.т угля. На месторождениях Морозовском, Бандуровском и других (Кировоградская обл.) добыча велась в основном крупными разрезами (до 800–2200тыс.т/год). В настоящее время объем добычи в бассейне около 640 тыс. т в год. Бурые угли бассейна служат сырьем для получения горного воска.

Разведанные запасы – 1,99млрд.т, предварительно оцененные – 165млн.т. Около 25% запасов пригодны для открытого способа добычи. Следует отметить установленную золотоносность углей Морозовского месторождения.

Резерв будущего освоения – крупные месторождения в Днепропетровской области: Синельниковское (305млн.т), Ново-Александровское (209млн.т), Верхнеднепровское (238млн.т), Анновское (57млн.т) с угленосностью, представленной залежью угля средней мощностью 3–6м на глубине 60–160м.

Кроме углей в Днепровском бассейне промышленную ценность имеют каолины, залегающие обычно ниже угленосных пластов.

5.13.1.2 Месторождения Днепровско-Донецької впадини и юго-западных областей Украины.

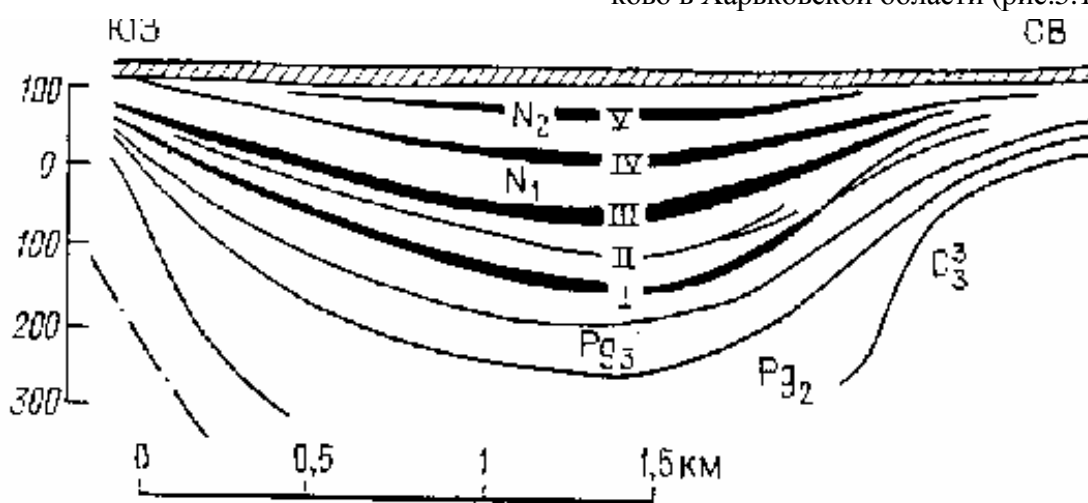
В приосевых частях обширной Днепровско-Донецької впадини распространены небольшие по площади депрессии, образо-

зв'язують із процесами ерозії і деформації могутніх соленосних товщ пермі і девону. У деяких з них у розрізі осадових утворень містяться поклади бурого вугілля олігоцен-міоценового віку. На території України виявлені родовища: Ново-Дмитрівське, Сула-Удайське, Берекське, Бантишівське і Південно-Перещепинське.

Детально розвідане Ново-Дмитрівське родовище, що знаходиться поблизу залізничної станції Барвенково в Харківській області (мал.5.11).

вание которых связывают с процессами эрозии и деформации мощных соленосных толщ перми и девона. В некоторых из них в разрезе осадочных образований содержатся залежи бурого угля олигоцен-миоценового возраста. На территории Украины выявлены месторождения: Ново-Дмитровское, Сула-Удайское, Берекское, Бантышевское и Южно-Перещепинское.

Детально разведано Ново-Дмитровское месторождение, находящееся вблизи железнодорожной станции Барвенково в Харьковской области (рис.5.11).



Мал.5.11. Ново-Дмитрівське родовище (по К.В.Миронову , 1992).

Рис.5.11. Ново-Дмитровское месторождение (по К.В.Миронову , 1992).

В олігоцен-міоценовій вугленосній формації цього родовища міститься п'ять покладів бурого вугілля, що підрозділяються на окремі шари з потужністю до декількох десятків метрів (шар III<sub>2</sub> – 73м). У центрі западини будова шарів проста, до периферичних її частин шари розщеплюються і виклинюються. Глибина залягання шарів (м): верхнього (V<sub>2</sub>) 35–96, нижнього (I) 108–550, основного (III<sub>2</sub>) 96–404. Вугілля буре, технологічної групи 1Б. Якість вугілля: W<sub>i</sub><sup>r</sup> =50–56%, A<sup>d</sup>=18–40%, S<sub>i</sub><sup>d</sup> від 2–3% до 7-8%, вихід бітумів 11,8%, Q<sub>i</sub><sup>r</sup>=7,96–10,04МДж/кг. Розвідані запаси вугілля 390млн.т. Родо-

В олигоцен-миоценовой угленосной формации этого месторождения содержится пять залежей бурого угля, которые подразделяются на отдельные пласты с мощностью до нескольких десятков метров (пл. III<sub>2</sub> – 73м). В центре впадины строение пластов простое, к периферическим ее частям пласты расщепляются и выклиниваются. Глубина залегания пластов (м): верхнего (V<sub>2</sub>) 35–96, нижнего (I) 108–550, основного (III<sub>2</sub>) 96–404. Угли бурые, технологической группы 1Б. Качество углей: W<sub>i</sub><sup>r</sup>=50–56%, A<sup>d</sup>=18–40%, S<sub>i</sub><sup>d</sup> от 2–3% до 7-8%, выход битумов 11,8%, Q<sub>i</sub><sup>r</sup>=7,96–10,04МДж/кг. Разведанные запасы угля 390млн.т. Месторождение пригодно для

вище придатне для розробки відкритим способом. Гідрогеологічні умови складні, для освоєння буде потрібно попереднє осушення. У розрізі вугленосної товщі зустрічаються лінзоподібні глинисті тіла, що містять до 30% сірки.

На Сула-Удайському родовищі в палеогенових відкладеннях, що виконують міжкупольний прогин, виявлено 5 горизонтально залягаючих шарів бурого вугілля. Потужність Верхнього шару 2,7м, Нижнього – 3,8м, інші шари неробочі. Глибина залягання Верхнього шару 15–98,5м. Вугілля групи 1Б.

Родовище розвідане попередньо, запаси вугілля оцінюються в 504млн.т.

У південно-західних областях України виявлені численні дрібні родовища вугілля неогенового віку, поєднані в три відособлені вугленосні площі: Придністровську, Прикарпатську і Закарпатську.

*Придністровська площа* протягається субширотно спрямованою вузькою смугою (7–30 км) на 180 км між м.м.Рава-Руська і Шуйськ. У відкладеннях торнтонського ярусу міоцену на глибинах 5–60 м зафіксовані роз'єднані лінзи бурого вугілля площею 0,1–2,5 км<sup>2</sup>. У найбільш великих (що раніше розроблювалися) родовищах: Золочевському, Дубровському і Ясеновському із запасами вугілля від 100тис. до 1млн.т містяться від 1 до 3 лінз потужністю 0,5–1,5 м (рідко до 3м). Вугілля буре.  $W^r=35-50\%$ ,  $A^d=10-50\%$ ,  $S_i^d=2-10\%$ . Теплота згоряння  $Q_s^{daf}$  близько 20,  $Q_i^r=12\text{МДж/кг}$ .

*Прикарпатська площа* також представлена смугою поширення міоценових відкладень, що протягається з північного заходу на південний схід на 130 км між м.м.Калуш і Стороженець при ширині 15–30км. На її площі відомі Коломийсь-

розробки открытым способом. Гидрогеологические условия сложные, для освоения потребуется предварительное осушение. В разрезе угленосной толщи встречаются линзовидные глинистые тела, содержащие до 30% серы.

На Сула-Удайском месторождении в палеогеновых отложениях, выполняющих межкупольный прогиб, установлено 5 горизонтально залегающих пластов бурого угля. Мощность Верхнего пласта 2,7м, Нижнего – 3,8м, остальные пласты нерабочие. Глубина залегания Верхнего пласта 15–98,5м. Угли группы 1Б.

Месторождение разведано предварительно, запасы угля оцениваются в 504млн.т.

В юго-западных областях Украины выявлены многочисленные мелкие месторождения углей неогенового возраста, объединяемые в три обособленные угленосные площади: Приднестровскую, Прикарпатскую и Закарпатскую.

*Приднестровская площадь* протягивается субширотно направленной узкой полосой (7–30 км) на 180 км между г.г.Рава-Русская и Шуйском. В отложениях торнтонского яруса миоцена на глубинах 5–60 м вскрыты разобценные лінзи бурого угля площадью 0,1–2,5 км<sup>2</sup>. В наиболее крупных ранее разрабатывавшихся месторождениях: Золочевском, Дубровском и Ясеновском с запасами угля от 100тыс. до 1млн.т содержатся от 1 до 3 лінз мощностью 0,5–1,5 м (редко до 3м). Угли бурые.  $W^r=35-50\%$ ,  $A^d=10-50\%$ ,  $S_i^d=2-10\%$ . Теплота сгорания  $Q_s^{daf}$  около 20,  $Q_i^r=12\text{МДж/кг}$ .

*Прикарпатская площадь* также представлена полосой распространения миоценовых отложений, протягивающейся с СЗ на ЮВ на 130км между г.г.Калуш и Стороженець при ширине 15–30км. На ее площа-

ке, Новоселище-Джурівське, Милие-Испасське, Тростницьке, Каранчєєвське родовища. До останнього часу дрібними шахтами розроблялося Коломийське родовище з запасами вугілля близько 8млн.т. Вугленосна товща торнтонського ярусу міоцену складає асиметричну синкліналь з перекинутим західним і пологим (3–5°) східним крилами. Розроблялося два шари потужністю 0,5–1м. Вугілля перехідні від бурого до довгопелум'яного.  $W^r$  до 15%,  $A^d=10-20\%$ ,  $S_t^d = 2-6,5\%$ . Теплота згоряння  $Q_s^{daf}$  більш 20МДж/кг.

На *Закарпатській* площі в межах Солотвинської і Чоп-Мукачевської межгірських западин відомо до 20 відособлених родовищ бурого вугілля. З них Ужгородське, Березинське, Велико-Раковецьке, Горбське і Ільницьке розроблялися раніше дрібними шахтами. У відкладеннях сармата і понту міститься від одного до п'яти вугільних шарів невитриманої потужності (0,3 - 5–7м і більш) і складної мінливої будови. Показники якості:  $W^r=15-35\%$ ,  $A^d=10-40\%$ ,  $S_t^d = 1,5-5,8\%$ ,  $Q_s^{daf} = 16,74-25,12$ МДж/кг. Запаси вугілля більшості родовищ 1–4млн.т, а Ільницького - 28,4млн.т.

### 5.13.1.3 Підмосковний басейн

Підмосковний басейн протягається широкою дугоподібною смугою південніше і на захід від м.Москва. Площа його досягає 120 000 км<sup>2</sup>. Він розташований у межах Московської синеклізи Східно-Європейської платформи і відноситься до типових платформних. У геологічній будові головне значення мають переважно карбонатні девонські і карбонатноуламкові кам'яновугільні товщі. Вони пере-

ди известны Коломыйское, Новоселище-Джуровское, Милие-Испасское, Тростницкое, Каранчєєвское месторождения. До последнего времени мелкими шахтами разрабатывалось Коломыйское месторождение с запасами угля около 8млн.т. Угленосная толща торнтонского яруса миоцена составляет асимметричную синклинали с опрокинутым западным и пологим (3–5°) восточным крыльями. Разрабатывалось два пласта мощностью 0,5–1м и более. Угли переходные от бурых к длиннопламенным.  $W^r$  до 15%,  $A^d=10-20\%$ ,  $S_t^d = 2-6,5\%$ . Теплота сгорания  $Q_s^{daf}$  более 20МДж/кг.

На *Закарпатской* площади в пределах Солотвинской и Чоп-Мукачевской межгорных впадин известно до 20 обособленных месторождений бурого угля. Из них Ужгородское, Березинское, Велико-Раковецкое, Горбское и Ильницкое разрабатывались ранее мелкими шахтами. В отложениях сармата и понта содержится от одного до пяти угольных пластов невыдержанной мощности (0,3 - 5–7м и более) и сложного изменчивого строения. Показатели качества:  $W^r=15-35\%$ ,  $A^d=10-40\%$ ,  $S_t^d = 1,5-5,8\%$ ,  $Q_s^{daf} = 16,74-25,12$ МДж/кг. Запасы угля большинства месторождений 1–4млн.т, а Ильницкого - 28,4млн.т.

### 5.13.1.3 Подмосковный бассейн

Подмосковный бассейн протягивается широкой дугообразной полосой южнее и западнее г.Москвы. Площадь его достигает 120 000 км<sup>2</sup>. Он расположен в пределах Московской синеклизы Восточно-Европейской платформы и относится к типичным платформенным. В геологическом строении главное значение имеют преимущественно карбонатные девонские и карбонатнообломочные каменно-



криті відкладеннями мезозою й опадами четвертинної системи.

Нижньовізейська вугленосна товща (бобриківський і тульський горизонти) має потужність від 100-150м на півдні басейну до 20-40м на півночі, у середньому близько 30-60м. У її склад входять шари глинистих, алевролітових і пісковикових порід, що включають поклади гумусового вугілля із прошарками сапропелітів. У верхній частині розрізу зустрічаються шари вапняків.

Вугленосна товща нижнього карбону перекрита комплексом верхньовізейських, нижненамюрських і середньокам'яновугільних відкладень, у складі яких переважають вапняки з підлеглими їм шарами глин; загальна потужність цього комплексу досягає 200м. Верхньокам'яновугільні доломітизовані вапняки з прошарками строкатих глин зустрічаються в північно-західній частині басейну. Потужність їх досягає 40м (мал.5.12).

угольные толщи. Они перекрыты отложениями мезозоя и осадками четвертичной системы.

Нижневизейская угленосная толща (бобриковский и тульский горизонты) имеет мощность от 100-150м на юге бассейна до 20-40м на севере, в среднем около 30-60м. В ее состав входят слои глинистых, алевролитовых и песчаных пород, включающих пласты гумусовых углей с прослоями сапропелитов. В верхней части разреза встречаются слои известняков.

Угленосная толща нижнего карбона перекрита комплексом верхневизейских, нижненамюрских и среднекаменноугольных отложений, в составе которых преобладают известняки с подчиненными им пластами глин; общая мощность этого комплекса достигает 200м. Верхнекаменноугольные доломитизированные известняки с прослойками пестрых глин встречаются в северо-западной части бассейна. Мощность их достигает 40м (рис.5.12).



Мал.5.12. Геологічний розріз вугленосної товщі Підмосковного басейну по Ф.С.Бібікову й Е.А.Изюмовій (К.В.Миронов, 1991).

1 – покривні відкладення; 2 – вугленосні свити; 3- проміжні свити; 4 – перехідні свити; 5 – вапняки; 6 – вугільні шари.

Рис. 5.12. Геологический разрез угленосной толщи Подмосковного бассейна по Ф.С.Бибикову и Е.А.Изюмовой (К.В.Миронов, 1991).

1 – покровные отложения; 2 – угленосные свиты; 3- промежуточные свиты; 4 – переходные свиты; 5 – известняки; 6 – угольные пласты.

Тектоніка. Тектоніка басейну проста.

Тектоника. Тектоника бассейна про-

Палеозойські породи, виходячи на денну поверхню на південній і західній окраїнах басейну, нахилені під незначним кутом до центра Московської синеклизи і, занурюючи під більш молоді відкладення, утворюють відкрити на північній схід мульду. На тлі цієї регіонального масштабу структури зрідка фіксуються незначні вигини шарів карбону і малі зсуви з розривом вугільних шарів, супроводжувані явищами дроблення вугілля. Частина таких порушень зв'язана, мабуть, з атектонічними процесами, наприклад з розвитком карсту.

*Вугленосність.* Вугілля утворюють поклади лінзоподібної форми різних розмірів у плані (у межах від 1 до 100 км<sup>2</sup> і рідко більш 100 км<sup>2</sup>); контури покладів звивисті. Шари вугілля підлегли різним стратиграфічним горизонтам вугленосної товщі. Загальна кількість шарів (потужністю більш 0,5 м) у вертикальному розрізі продуктивної товщі по районах змінюється від 2–3 до 10, іноді більше. Потужність покладів у рідких випадках досягає 10 м. Розробляються найчастіше шари потужністю понад 2 м. Середня потужність робочих шарів 1,5–2 м. Кількість таких шарів у розрізі родовища 1–2, рідко – 4–5. Частіше вони розташовані в нижній частині розрізу вугленосної товщі. Найбільша вугленасиченість спостерігається на південному крилі басейну.

*Якість вугілля.* У вугіллях Підмосковного басейну переважають різновиди гумусового вугілля. Вони характеризуються великою вологістю (більш 30% у перерахуванні на робоче паливо), високою зольністю (до 45% у перерахуванні на сухе вугілля) і відносно низкою теплою згоряння (9,98 МДж/кг). Вихід летких на пальну масу складає 40–55%.

Палеозойские породы, выходя на дневную поверхность на южной и западной окраинах бассейна, наклонены под незначительным углом к центру Московской синеклизы и, погружаясь под более молодые отложения, образуют открытую на северо-восток мульду. На фоне этой регионального масштаба структуры изредка фиксируются незначительные изгибы слоев карбона и малые смещения с разрывом сплошности угольных пластов, сопровождаемые явлениями дробления угля. Часть таких нарушений связана, вероятно, с атектоническими процессами, например с развитием карста.

*Угленосность.* Угли образуют залежи линзообразной формы различных размеров в плане (в пределах от 1 до 100 км<sup>2</sup> и редко более 100 км<sup>2</sup>), контуры залежей извилистые. Залежи угля подчинены разным стратиграфическим горизонтам угленосной толщи. Общее количество пластов (мощностью более 0,5 м) в вертикальном разрезе продуктивной толщи по районам изменяется от 2–3 до 10, иногда более. Мощность залежей в редких случаях достигает 10 м. Разрабатываются, как правило, пласты мощностью свыше 2 м. Средняя мощность рабочих пластов 1,5–2 м. Количество таких пластов в разрезе обычно 1–2, редко – 4–5. Чаще они расположены в нижней части разреза угленосной толщи. Наибольшая угленасыщенность толщи наблюдается на южном крыле бассейна.

*Качество углей.* В углях Подмосковного бассейна преобладают разновидности гумусового угля. Они характеризуются большой влажностью (более 30% в пересчете на рабочее топливо), высокой зольностью (до 45% в пересчете на сухой уголь) и относительно низкой теплою сгорания (9,98 МДж/кг). Выход летучих

Менше поширені змішані гумито-сапропелітові різновиди вугілля. Якісно вони трохи краще гумусових, менш зольні і мають більш високу теплоту згоряння (до 11 МДж/кг). Найкращим у басейні є т.зв. "Товарківський" сапропеліт типу богхед, що характеризується малою вологістю, найменшою зольністю (5–20%), високим виходом летких речовин (до 78%) і високою теплотою згоряння (до 11 МДж/кг). Однак це високоякісне вугілля, залягаючи тонкими прошарками і лінзами в гумусових шарах, складає незначні запаси, недостатні для спеціального використання.

У загальній товарній масі вугілля Підмосковного басейну відноситься до низькосортного, високозольного і сірчистого (до 6% і більш) палива місцевого значення. При низькій якості вугілля видобуток вважається економічно вигідним завдяки близькості до споживачів, неглибокому заляганню і комплексному його використанню. Останнє полягає в утилізації золи і переробці на сірчану кислоту сірчаного колчедану, розповсюдженого в шарах у виді конкреційних включень. Крім того можливий видобуток вогнетривких глин.

Вуглещільність по районах коливається від 0,01 до 1,06млн.т на 1км<sup>2</sup>. Найбільш вона привласна південному крилу басейну. Розвідані запаси близько 4 млрд. т. Розробка родовищ ускладнена карстом і великими водопріпливами. Видобуток вугілля в останні роки різко знизився і складає близько 1 млн. т у рік.

#### 5.13.1.4 Кансько-Ачинський басейн

на горючу масу составляет 40–55%.

Менше распространены смешанные гумито-сапропелитовые разновидности угля. Качественно они несколько лучше гумусовых, менее зольны и имеют более высокую теплоту сгорания (до 11 МДж/кг). Наилучшим в бассейне является т.н. "Товарковский" сапропелит типа богхед, характеризующийся малой влажностью, наименьшей зольностью (5–20%), высоким выходом летучих веществ (до 78%) и высокой теплотой сгорания (до 11 МДж/кг). Однако этот высококачественный уголь, залегающий тонкими слоями и линзами в пластах, составляет незначительные запасы, недостаточные для специального использования.

В общей товарной массе угли Подмосковного бассейна относятся к низькосортному, високозольному и сернистому (до 6% и более) топливу местного значения. При низком качестве угля добыча считается экономически выгодной благодаря близости к потребителям, неглибокому залеганию угля и комплексному его использованию, заключающемуся в утилизации зола и переработке на серную кислоту серного колчедана, распространеного в пластах в виде конкреционных включений. Кроме того, возможна попутная добыча огнеупорных глин.

Углеплотность по районам колеблется от 0,01 до 1,06 млн.т на 1км<sup>2</sup>. Наибольшая углеплотность характерна для южного крыла бассейна. Разведанные запасы около 4 млрд. т. Разработка месторождений осложнена карстом и большими водопритоками. Добыча угля в последние годы резко снизилась и составляет около 1 млн. т в год.

#### 5.13.1.4 Канско-Ачинский бассейн

Кансько-Ачинський басейн витягується уздовж Сибірської залізничної магістралі від р. Киї на заході до р. Бірюси на сході. На півдні він обмежений передгір'ями Східного Саяна і Кузнецького Алатау. На півночі вугленосні відкладення занурюються під більш молоді опади Західно-Сибірської рівнини. Загальна площа 50 тис.км<sup>2</sup>. Вугленосні поклади приурочені до вугільної формації зовнішнього, частково активізованого прогину древньої платформи.

*Стратиграфія і літологія.* Промислова вугленосність пов'язана з юрськими осадами, що зі стратиграфічною перервою залягають на породах архею, протерозою і палеозою. Потужність юрської вугленосної формації в межах басейну неоднакова і збільшується з півночі на південь від 200 до 1100м. Накопичення юрських осадів відбувалося в континентальних платформних умовах у межах величезної Кансько-Ачинсько-Іркутської вугленосної провінції.

У літологічному відношенні юрська вугленосна формація представлена в основному різнозернистими пісковиками, а також конгломератами, гравелітами, алевролітами, аргілітами і шарами вугілля. Вугленосна формація Кансько-Ачинського басейну підрозділяється на дві частини: східну (канську) і західну (ачинську), кожна з яких складається з трьох свит. У кожній свиті чітко виділяється базальна частина, складена грубоуламковими породами, що нагору по розрізі змінюються більш тонкозернистими опадами. Накопичення юрської вугленосної формації відбувалося у внутріконтинентальній рівнинній обстановці із широким розвитком озерних, болотних і алювіальних фаций. Для відкладень характерна фаціальна мінливість у розрізі і на

Канско-Ачинский бассейн вытянут вдоль Сибирской железнодорожной магистрали от р. Кии на западе до р. Бирюсы на востоке. На юге он ограничен предгорьями Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау, на севере угленосные отложения погружаются под более молодые осадки Западно-Сибирской равнины. Общая площадь 50 тыс.км<sup>2</sup>. Основная промышленная угленосность приурочена к угленосной формации внешнего, частично активизированного прогиба древней платформы.

*Стратиграфия и литология.* Промышленная угленосность приурочена к юрским осадкам, которые со стратиграфическим перерывом залегают на породах архея, протерозоя и палеозоя. Мощность юрской угленосной формации в пределах бассейна неодинакова и увеличивается с севера на юг от 200 до 1100м. Накопление юрских осадков происходило в континентальных платформенных условиях в пределах громадной Канско-Ачинско-Иркутской угленосной провинции.

В литологическом отношении юрская угленосная формація представлена в основном разнозернистыми песчаниками, а также конгломератами, гравелитами, алевролитами, аргиллитами и пластами угля. Угленосная формація Канско-Ачинского бассейна подразделяется на две части: восточную (канскую) и западную (ачинскую), каждая из которых состоит из трех свит. В каждой свите четко выделяется базальная часть, сложенная наиболее грубообломочными породами, которые вверх по разрезу сменяются более тонкозернистыми осадками. Накопление юрской угленосной формации происходило во внутриконтинентальной равнинной обстановке с широким развитием озерных, болотных и алювиальных фаций. Для отложений характерна фаціальная изменчивость в разрезе и на

площі.

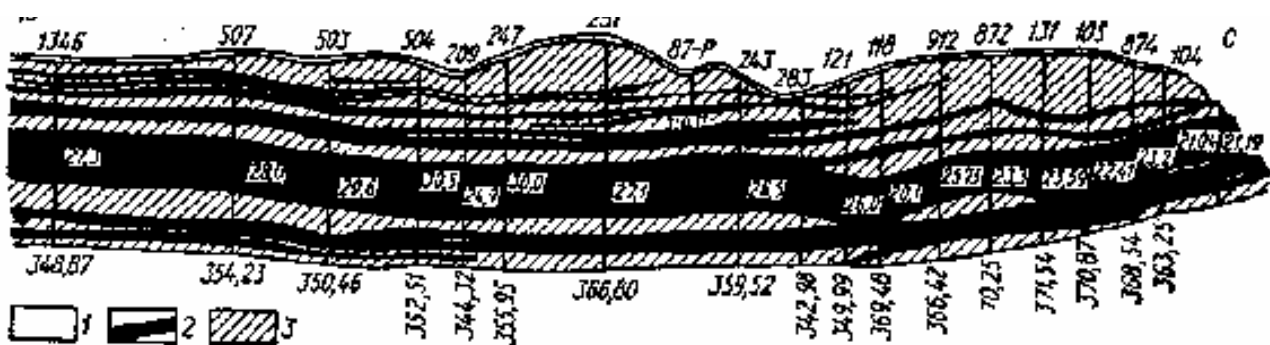
*Тектоніка.* Кансько-Ачинський басейн має типово платформні риси будови і характеризується майже горизонтальним заляганням слабо літифікованих порід із присутністю бурого вугілля. Виключення складає південно-східна, Присаянська частина басейну, де вугленосні відкладення сильніше літифіковані, зім'яті в складки і містять кам'яне вугілля низького ступеня метаморфізму: марок Д, Г, іноді Ж (Саяно-Партизанське родовище). Цю частину басейну по геотектонічному режиму можна віднести до проміжного (між платформною і геосинклінальною) типу.

*Вугленосність.* Промислова вугленосність Кансько-Ачинського басейну зв'язана з відкладеннями нижньої і середньої юри. Нижньоюрське вугілля належить до переяславської і макарівської свит, що містять до 30 вугільних пластів, з них до 18 мають робочу потужність (0,80м і вище). Робочі шари найчастіше тонкі. Їхня сумарна потужність коливається від 1,70 до 27,20м. Вугільні шари витримані, простої і складної будови (мал.5.13).

площади.

*Тектоника.* Канско-Ачинский бассейн имеет типично платформенные черты строения и характеризуется почти горизонтальным залеганием слабо литифицированных пород с присутствием бурых углей. Исключение составляет юго-восточная, Присаянская часть бассейна, где угленосные отложения сильнее литифицированы, смяты в складки и содержат каменные угли низкой степени метаморфизма: марок Д, Г, иногда Ж (Саяно-Партизанское месторождение). Эту часть бассейна по геотектоническому режиму можно отнести к промежуточному (между платформой и геосинклиналью) типу.

*Угленосность.* Промышленная угленосность Канско-Ачинского бассейна связана с отложениями нижней и средней юры. Нижнеюрские угли приурочены к переяславской и макаровской свитам, содержащим до 30 угольных пластов, из них до 18 имеют рабочую мощность (0,80м и выше). Рабочие пласты, как правило, тонкие. Их суммарная мощность колеблется от 1,70 до 27,20м. Угольные пласты выдержанные, простые и сложные (рис.5.13).



Мал.5.13. Розріз Ірша-Бородинського родовища Кансько-Ачинського вугільного басейну, по А.К.Гавриліну (І.Л.Нікольський, 1979).

1 – покривні відкладення; 2 – вугільні шари; 3 – вмещаючі породи.

Рис. 5.13. Разрез Ирша-Бородинского месторождения Канско-Ачинского угольного бассейна, по А.К.Гаврилину (И.Л.Никольский, 1979).

1 – покровные отложения; 2 – угольные пласты; 3 – вмещающие породы.

Головна вугленосність Кансько-Основная угленосность Канско-

Ачинського басейну зв'язана з відкладеннями середньої юри і приурочена до бординської та ітатської свит, що містяться від двох до 23 шарів вугілля. Загальна кількість робочих шарів досягає 13. Для цієї частини розрізу найбільш характерний розвиток надпотужних, потужних і середніх по потужності вугільних шарів – від декількох метрів до 75м. У межах окремих частин мульд шари витримані по потужності і часто мають просту будову.

По вихідному матеріалі вугілля в основному гумусове, по способу накопичення матеріалу – автохтонне, по ступені вуглефікації – буре (група Б<sub>2</sub> - Б<sub>3</sub>), за винятком Саяно-Партизанського родовища. Крім того, у басейні зрідка зустрічаються сапропеліти і пальні сланці. По петрографічному складу буре вугілля в основному кларенове, блискуче і напівблискуче.

При підсиханні воно розтріскуються і розсипається в дріб'язок, здатне до самозаймання. Дані технічного аналізу бурого вугілля наступні:  $W^p=21-46\%$ ;  $A^d=6-12\%$ ;  $V^r=42-49\%$ ;  $Q_i^r=28$  МДж/кг. Низька зольність основної маси вугілля виключає необхідність їхнього збагачення. Вугілля відносяться до важкобрикетуємих. Вихід смоли 3–10%. Ресурси і розвідані запаси басейну - близько 105 млрд. т. 98% їх придатні для відпрацювання відкритим способом. Видобуток - близько 30 млн.т у рік. Потенційні можливості басейну дозволяють довести видобуток до 100 – 300 млн.т у рік.

Буре вугілля формацій платформного і перехідного типу широко розвинуте в різних країнах світу. Найбільший його видобуток (більш 200млн.т) у Німеччині.

Ачинського басейна зв'язана з відкладеннями середньої юри і приурочена до бординської та ітатської свитам, що містяться від двох до 23 пластів угля. Общее количество рабочих пластов достигает 13. Для этой части разреза наиболее характерно развитие сверхмощных, мощных и средних по мощности угольных пластов – от нескольких метров до 75м. В пределах отдельных частей мульд пласты выдержаны по мощности и часто имеют простое строение.

По исходному материалу угли в основном гумусовые, по способу накопления материала – автохтонные, по степени углефикации – бурые (группа Б<sub>2</sub> - Б<sub>3</sub>), за исключением газовых углей Саяно-Партизанского месторождения. Кроме того, в бассейне изредка встречаются сапропелиты и горючие сланцы. По петрографическому составу бурые угли в основном клареновые, блестящие и полублестящие.

При подсыхании они растрескиваются и рассыпаются в мелочь, способны к самовозгоранию. Данные технического анализа бурых углей следующие:  $W^p=21-46\%$ ;  $A^d=6-12\%$ ;  $V^r=42-49\%$ ;  $Q_i^r=28$  МДж/кг. Низкая зольность основной массы углей исключает необходимость их обогащения. Угли относятся к труднобрикетуемым. Выход смоли 3 – 10%. Ресурсы и разведанные запасы бассейна - около 105 млрд. т. 98% их пригодны для отработки открытым способом. Добыча - около 30 млн. т в год. Потенциальные возможности бассейна позволяют довести добычу до 100 – 300 млн. т в год.

Бурые угли формацій платформного и переходного типа широко развиты в разных странах мира. Наибольшая их добыча (более 200млн.т) приходится на Германию.

5.13.2. Родовища глибоких внутрішніх прогинів платформ і крайових частин геосинклиналей

Виділення даної групи басейнів і родовищ ґрунтується головним чином на зовнішніх структурно-морфологічних характеристиках. Геотектонічна природа областей накопичення вугленосних товщ і формування вугільних покладів враховується з деякою умовністю без виділення етапності їх розвитку і зональності загальної геологічної структури регіону. Необхідно також мати на увазі, що в одному басейні при безупинному розвитку вугленосності структурно-геологічні характеристики родовищ (районів) можуть бути різні.

#### 5.13.2.1 Донецький басейн

Донецький басейн розташований на території східних областей України і Ростовської області Росії. Загальна площа його біля 60 тис. км<sup>2</sup>. Видобуток вугілля для побутових цілей почався тут, вочевидь, ще в XV віці, у промислових масштабах розробки ведуться з кінця XVIII ст. Дотепер басейн залишається найважливішим постачальником вугілля для металургії, енергетики і коксохімічної промисловості.

Велика частина площі вугленосних відкладень Донецького басейну належить до Дніпровсько-Донецькому грабену, менша - до південного схилу Воронізького масиву і північного схилу Українського щита (мал.5.14).

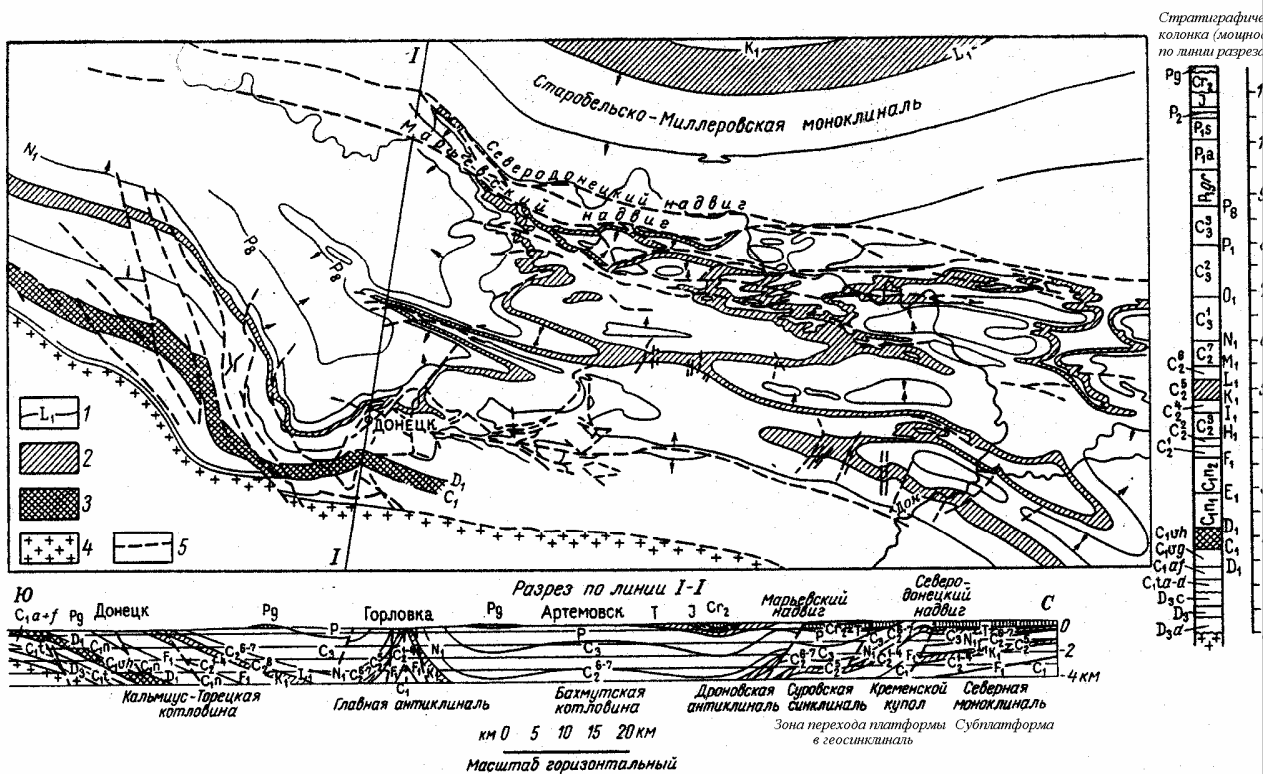
5.13.2. Месторождения глибоких внутрішніх прогибів платформ і краєвих частей геосинклинлей

Выделение данной группы бассейнов и месторождений основывается главным образом на внешних структурно-морфологических характеристиках. Геотектоническая природа областей накопления угленосных толщ и формирования угольных залежей учитывается с некоторой условностью без выделения этапности их развития и зональности общей геологической структуры региона. Необходимо также иметь в виду, что в одном бассейне при непрерывном развитии угленосности структурно-геологические характеристики месторождений (районов) могут быть различны.

#### 5.13.2.1 Донецкий бассейн

Донецкий бассейн расположен на территории восточных областей Украины и Ростовской области России. Общая площадь его около 60 тыс. км<sup>2</sup>. Добыча угля для бытовых целей началась здесь, по видимому, еще в XVII в., в промышленных масштабах разработки ведутся с конца XVIII в. До настоящего времени бассейн остается важнейшим поставщиком угля для металлургии, энергетики и коксохимической промышленности.

Большая часть площади угленосных отложений Донецкого бассейна приурочена к Днепро-Донецкому грабену, меньшая - к южному склону Воронежского массива и северному склону Украинского щита (рис.5.14).



Мал.5.14. Схематична геологічна карта і розріз Донецького басейну по В.С.Попову (1957).

- 1 – виходи межових вапняків; 2 – виходи свити  $C_2^5$ ; 3 - виходи свити  $C_1^4$ ;
- 4 – докембрій Українського кристалічного щита; 5 – розривні порушення.

Рис.5.14. Схематическая геологическая карта и разрез Донецкого бассейна по В.С.Попову (1957).

- 1 – выходы граничных известняков; 2 – выходы свиты  $C_2^5$ ; 3 - выходы свиты  $C_1^4$ ;
- 4 – докембрій Украинского кристаллического щита; 5 – разрывные нарушения.

*Стратиграфія і літологія.* У геологічній будові басейну беруть участь докембрійські, палеозойські, мезозойські і кайнозойські відкладення.

Докембрійські породи, що складають кристалічний фундамент, представлені різноманітними метаморфічними і магматичними утвореннями. На розмитій поверхні докембрію залягає потужна товща осадових порід, що починається відкладеннями девонського часу. Ряд геологів допускає, що в басейні розвинуто також більш древні утворення, зокрема рифейські. Потужність девонських відкладень досягає 750м. Складаються вони вапняками з морською фауною (“білий девон” чи “миколаївська свита”); темно-бурими і сірими піськово-глинистими сланцями,

*Стратиграфия и литология.* В геологическом строении бассейна принимают участие докембрийские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения.

Докембрийские породы, слагающие кристаллический фундамент, представлены разнообразными метаморфическими и магматическими образованиями. На размытой поверхности докембрия залегает мощная толща осадочных пород, начинающаяся отложениями девонского возраста. Ряд геологов допускает, что в бассейне развиты также более древние образования, в частности рифейские. Мощность девонских отложений достигает 750м. Слагаются они известняками с морской фауной (“белый девон” или “николаевская свита”); темно-бурими и се-



вулканічними туфами і туфогенними конгломератами (“бурий девон” чи “раздольненська свита”); сірими аркозовими пісковиками, строкатими пісково-глинистими сланцями з прошарками конгломератів і вулканічних туфів (“сірий девон” чи “довгинська свита”).

Карбон розчленовується на три відділи: нижній, середній і верхній.

Нижній карбон літологічно розділяється на дві товщі: карбонатну і пісково-глинисту, що вміщує шари і прошарки вапняків і вугілля. По стратиграфічному положенню відкладення нижнього карбону відносяться до турнейського, визейського і намюрського ярусів. Потужність відкладень нижнього карбону – 2,5-3 км.

Вони без перерви змінюються пісково-глинистою товщею середнього карбону. У складі цих відкладень переважають глинисті і пісково-глинисті породи, значно менше поширені пісковики, вапняки складають у середньому 2–2,5%, а вугілля – близько 1%. Товща середнього карбону Донецького басейну за віком відповідає вестфальському ярусу Західної Європи. Загальна її потужність досягає 7000 м у центральній частині басейну і зменшується в південному, західному і північному напрямках.

Верхньокарбоніві відкладення згідно без перерви залягають на середньокарбонівих. Їхня потужність – 600–2500м. Складаються вони пісково-глинистими породами, що включають малопотужні прошарки фауністично охарактеризованих вапняків, за віком відповідних стефанському ярусу. Вугленосність у верхньому карбоні поступово загасає.

Уся товща карбону (згідно різних авторів потужністю від 12 до 20км) характеризується ритмічним чергуванням осадів, що включають характерні, витримані

руми песчано-глинистими сланцями, вулканічними туфами і туфогенними конгломератами (“бурий девон” или “раздольненская свита”); серими аркозовими песчаниками, пестроцветными песчано-глинистими сланцями с прослойками конгломератов и вулканических туфов (“серый девон” или “долгинская свита”).

Карбон расчленен на три отдела: нижний, средний и верхний.

Нижний карбон литологически разделяется на две толщи: карбонатную и песчано-глинистую, включающую пласты и прослойки известняков и углей. По стратиграфическому положению отложения нижнего карбона относятся к турнейскому, визейскому и намюрскому ярусам. Мощность отложений нижнего карбона – 2,5-3 км.

Они без перерыва сменяются песчано-глинистой толщей среднего карбона. В составе этих отложений преобладают глинистые и песчано-глинистые породы, несколько меньше распространены песчаники, известняки составляют в среднем 2–2,5%, а угли – около 1%. Толща среднего карбона Донецкого бассейна по возрасту соответствует вестфальскому ярусу Западной Европы. Общая мощность среднего карбона достигает 7000м в центральной части бассейна и уменьшается в южном, западном и северном направлениях.

Верхнекарбонные отложения согласно без перерыва залегают на среднекарбонных, их мощность – 600–2500м. Слагаются они песчано-глинистыми породами, включающими маломощные прослои фаунистически охарактеризованных известняков, по возрасту соответствующих стефанскому ярусу. Угленосность в верхнем карбоне постепенно затухает.

на великій площі шари вапняків чи повторювані сполучення закономірно змінюючих одне одного шарів порід (літоциклів), завдяки чому Л.І.Лутугину вдалося розчленувати її на 15 свит: п'ять свит у нижньому, сім – у середньому і три – у верхньому відділах. Початок кожної свити фіксується витриманим палеонтологічно охарактеризованим шаром вапняку. Всім свитам привласнені буквені (латинські) позначення (від А до Р) і порядкові номери (1-5 у нижньому карбоні, 1-7 у середньому і 1-3 у верхньому). Відповідно з цим перша свита нижнього карбону позначається  $C_1^1$  – "А", друга свита  $C_1^2$  – "В" та ін. Таким чином позначаються свити середнього і верхнього карбону -  $C_2^1$  – "F",  $C_3^1$  – "N" та ін. Шарам також надані буквені і числові індекси. Наприклад індекс шару –  $h_8$  позначає, що це восьмий шар (знизу нагору) свити  $C_2^3$  (Н) середнього карбону. В даний час у стратиграфічну схему карбону Донбасу внесені зміни. Відповідно до них у нижньому карбоні виділено 4 свити, а в середньому вісім.

Товща карбону змінюється відкладеннями пермського періоду, нижній відділ якого представлений свитами: картамишською потужністю до 1000м, микитівською потужністю до 800м, слов'янською і краматорською потужністю до 600м. На нижньопермській соленосній товщі залягають червоноколірні піщовоглинисті з конгломератами відкладення верхньої пермі. Мезозойські утворення представлені піщовоглинистими і карбонатними (вапняк, крейда, мергелі) осадами тріасу, юри і крейди. Загальна потужність їх складає близько 1000м. Відкладення кайнозою залягають трансгресивно на різних рівнях палеозою і мезо-

Вся товща карбона (по даним різних авторів потужністю от 12 до 20км) характеризується ритмічним чередованим осадков, включаючих характерные, выдерживающиеся на большой площади пласты известняков или повторяющиеся сочетания закономерно сменяющихся друг друга слоев пород (литоциклов), благодаря чему Л.И.Лутугину удалось расчленить ее на 15 свит: пять свит в нижнем, семь – в среднем и три – в верхнем отделах. Начало каждой свиты фиксируется выдержанным, палеонтологически охарактеризованным пластом известняка. Всем свитам присвоены буквенные (латинские) обозначения (от А до Р) и порядковые номера (1-5 в нижнем карбоне, 1-7 в среднем и 1-3 в верхнем). В соответствии с этим первая свита нижнего карбона обозначается  $C_1^1$  – "А", вторая свита  $C_1^2$  – "В" и т.д. Также обозначаются свиты среднего и верхнего карбона -  $C_2^1$  – "F",  $C_3^1$  – "N" и т.д. Пластам также присвоены буквенные и числовые индексы. Например, индекс пласта –  $h_8$  обозначает, что это восьмой пласт (снизу вверх) свиты  $C_2^3$  (Н) среднего карбона. В настоящее время в стратиграфическую схему карбона Донбасса внесены изменения. Согласно им, в нижнем карбоне выделено 4 свиты, а в среднем восемь.

Товща карбона сменяется отложениями пермского периода, нижний отдел которого представлен свитами: картамышской потужністю до 1000м, никитовской потужністю до 800м и славянской и краматорской потужністю до 600м. На нижнепермской соленосной толще залегают красноцветные песчано-глинистые с конгломератами отложения, относимые к верхней перми. Мезозойские образования представлены песчано-глинистыми и

зою. Потужність їх змінюється від десятків метрів до 300м. Представлені вони пісково-глинистими відкладеннями, кварцитами, карбонатними, вогнетривкими глинами і залізистими пісками. У шарах верхнього олігоцену зустрічаються шари бурого (Б<sub>1</sub>) вугілля.

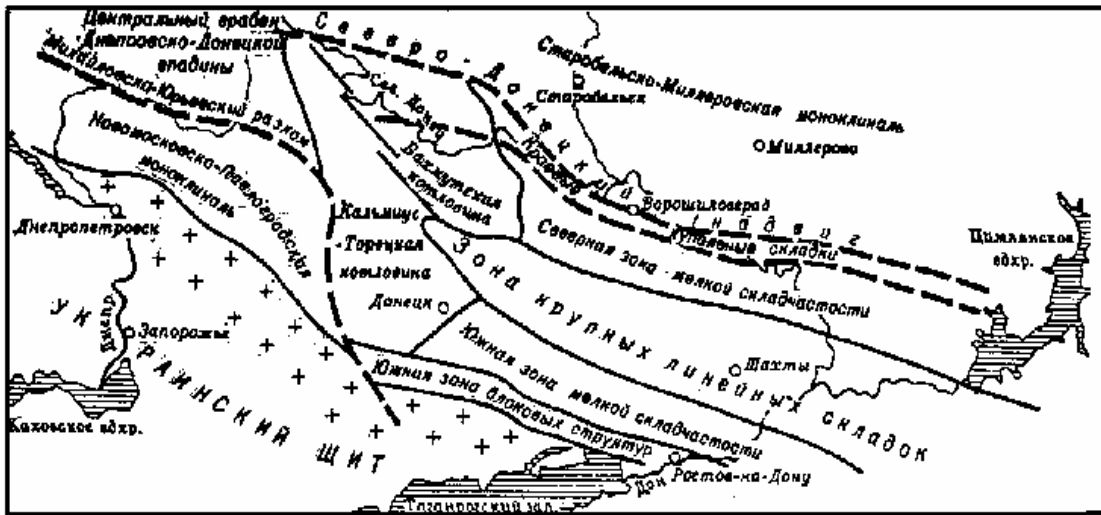
Четвертинні утворення представлені лесовидними суглинками на вододілах, делювієм і алювієм річкових долин. Потужність їх змінюється в межах перших десятків метрів.

*Тектоніка.* Тектоніка Донецького басейну відрізняється різноманіттям структурних форм. У прояві її по площі спостерігається чітко виражена зональність. У загальному плані В.С. Попов (1963) виділив наступні основні структурні зони: 1) центральна (серединна), у межах якої вугленосні відкладення утворюють великі лінійні складки; 2) північна і південна - дрібною складчастості (в основному, брахіформи) і насувань; 3) західна - замикання складчастого Донбасу, представлена Кальмиус-Торецької і Бахмутської улоговинами (синкліналями), ускладненими вторинними структурами; 4) моноклиального залягання на південно-західному крилі Кальмиус-Торецької улоговини; 5) моноклиального залягання на схилах платформ Українського щита і Воронежської антеклизі (мал.5.15).

карбонатними (известняк, мел, мергели) осадками триаса, юры и мела, общая мощность которых составляет около 1000м. Отложения кайнозоя залегают трансгрессивно на разных горизонтах палеозоя и мезозоя. Мощность их изменяется от десятков метров до 300м. Представлены они песчано-глинистыми отложениями, кварцитами, карбонатными и огнеупорными глинами и железистыми песками. В слоях верхнего олигоцену встречаются пласты бурого (Б<sub>1</sub>) угля.

Четвертичные образования представлены лёссовидными суглинками на водоразделах, делювием и аллювием речных долин. Мощность их изменяется в пределах первых десятков метров.

*Тектоника.* Тектоника Донецкого бассейна отличается многообразием структурных форм. В проявлении ее по площади наблюдается отчетливо выраженная зональность. В общем плане В.С. Поповым (1963) выделены следующие основные структурные зоны: 1) центральная, в пределах которой угленосные отложения смяты в крупные линейные складки; 2) северная и южная - мелкой складчатости (в основном, брахиформы) и надвигов; 3) западная - замыкание складчатого Донбасса, представленная Кальмиус-Торецкой и Бахмутской котловинами (синклиналями), осложненными вторичными структурами; 4) моноклиального залегания на юго-западном крыле Кальмиус-Торецкой котловины; 5) моноклиального залегания на склонах платформ Украинского щита и Воронежской антеклизы (рис.5.15).



Мал.5.15. Схема тектонічного районування Донбасу по В.С.Попову (1957).  
 Рис. 5.15. Схема тектонического районирования Донбасса по В.С.Попову (1957).

У межах складчастого Донбасу переважна частина площі зайнята лінійно витягнутими широкими і пологістими синкліналями; антиклінальні складки, частіше круті і вузькі, мають підлегле значення і часто, особливо в північних районах, ускладнені насунаннями.

У центральній зоні основними структурними елементами є: Головна антикліналь і сполучені з нею Північна (Головна) і Південна синкліналі. У західній частині Головна антикліналь являє собою вузьку симетричну складку з крутими крилами (60—80°) (мал. 5.16).

У східному напрямку крила Головної антикліналі виположуються до 45–60°. Крім субширотної, так званої подовжньої складчастості, у Донбасі проявилася менш чітко виражена поперечна субмеридіональна складчастість. Ровенецьке підняття розділяє Північну синкліналь на великі відособлені Боково-Хрустальську і Должано-Сулинську структури; перша на заході переходить у Бахмутську улоговину, друга на південно-сході зливається із Садкинською улоговиною. У Південній синкліналі одержали розвиток також великі Торезько-Сніжнянська, що

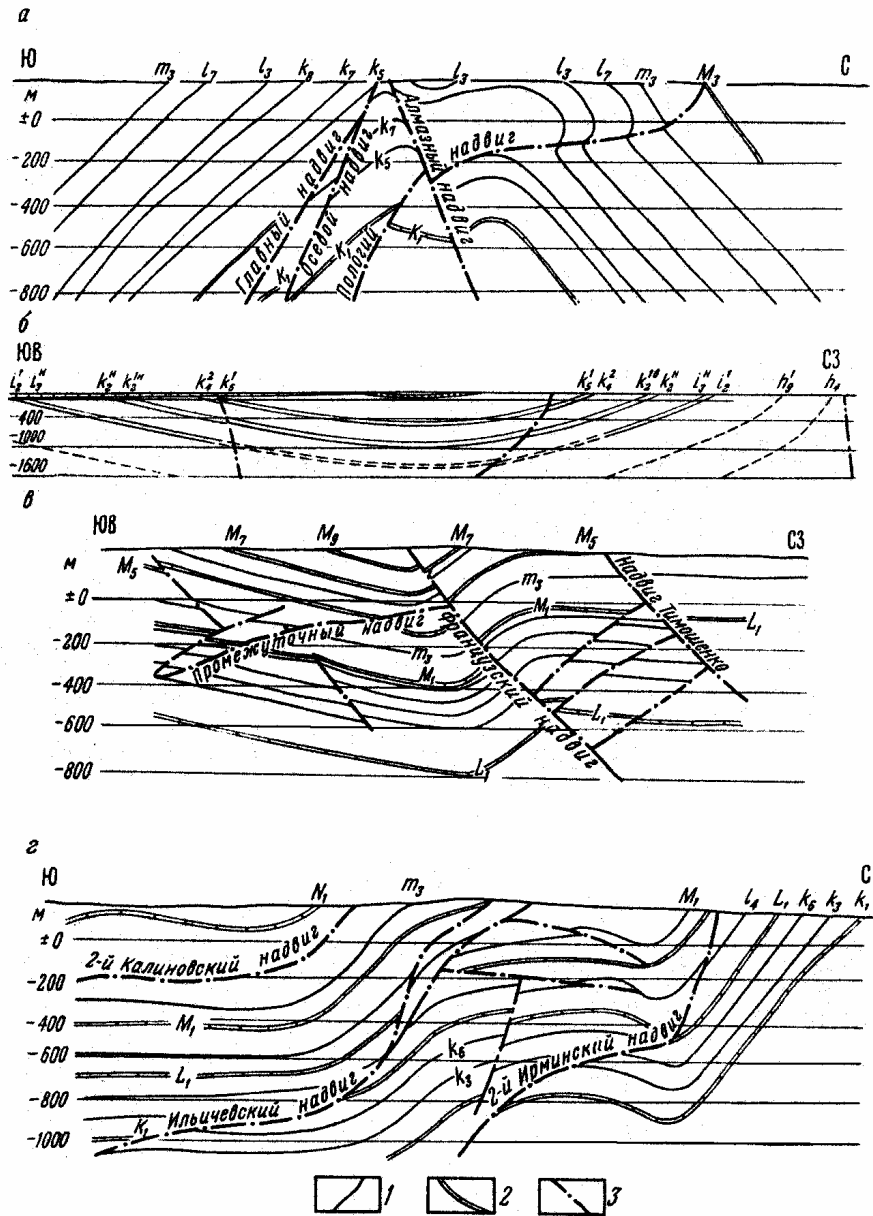
В пределах складчатого Донбасса преобладающая часть площади занята линейно вытянутыми широкими и пологими синклиналими; антиклинальные складки, обычно крутые и узкие, имеют подчиненное значение и часто, особенно в северных районах, осложнены надвигами.

В центральной зоне основными структурными элементами являются: Главная антиклиналь и сопряженные с ней Северная (Главная) и Южная синклинали. В западной части Главная антиклиналь представляет собой узкую симметричную складку с крутыми крыльями (60—80°) (рис. 5.16).

В восточном направлении крылья Главной антиклинали выполаживаются до 45–60°. Помимо субширотної, так называемой продольной складчатости, в Донбассе проявилась менее отчетливо выраженная поперечная субмеридиональная складчатость. Ровенецкое поднятие разделяет Северную синклиналь на крупные обособленные Боково-Хрустальскую и Должано-Сулинскую структуры; первая на западе переходит в Бахмутскую котловину, вторая на юго-востоке сливается с Садкинской котловиной. В Южной синк-

переходить на заході в Кальмиус-Торецьку і Шахтинсько-Несвітаєвську синкліналі. Для цих структур характерний розвиток поперечних скидань і пологістих насувань на крилах.

линали получили развитие также крупные Торезско-Снежнянская, переходящая на западе в Кальмиус-Торецкую, и Шахтинско-Несветаевская синклинали. Характерно развитие поперечных сбросов и пологих надвигов на крыльях.



Мал.5.16. Геологічні розрізи:

- а – Центрального району (по М.Л.Ливенштейну), б – Шахтинської синкліналі (по В.А.Соколову); в – Донецько-Макіївського району (по В.С.Попову); г – Алмазно-Маріївського району (по З.М.Калиниченко).
- 1 – шари вугілля, 2 – шари вапняку; 3 – розривні порушення.

Рис.5.16. Геологические разрезы

- а – Центрального района (по М.Л.Ливенштейну), б – Шахтинской синклинали (по В.А.Соколову); в – Донецко-Макеевского района (по В.С.Попову); г – Алмазно-Марьевского района (по З.М.Калиниченко).
- 1 – пласты угля, 2 – пласты известняка, 3 – разрывные нарушения.

Північні крила Боково-Хрустальської і Сулино-Садкинської структур є крилами Північної антиклінали, за якою знаходиться зона дрібної складчастості. У цій зоні розвинуті великі і дрібні брахісинклінальні складки, розчленовані складною системою великих і дрібних насувань.

Складною будовою відрізняється східне замикання Кальмиус-Торецької улоговини, де основна структура (Макіївсько-Ряснянська мульда) розчленована поперечними флексурами і численними розривними порушеннями. Південно-західне крило Кальмиус-Торецької улоговини характеризується падінням під кутом  $12-20^\circ$  до центра улоговини, ускладненим пологіми поперечними скиданнями, що створюють блокову структуру залягання порід карбону. Східне замикання Бахмутської улоговини (Алмазно-Маріївський район) являє собою складнобудований синклінорій зі сполучення синклінальних і антиклінальних складок, розірваних численними розривними порушеннями, що іноді створюють лускаті мілко блочні структури (див. мал. 5.16).

*Магматизм.* Прояви магматизму в межах Донецького басейну відомі на значній площі. Найбільше широко розвинуті покривні утворення основних і ультраосновних порід серед відкладень верхнього девону. Цей вулканічний цикл закінчився на межі девону і нижнього карбону виливом кислих лав.

Другий цикл вулканізму проявився в пфальцьську (межа перми і триасу) фазу і зв'язаний з формуванням основних складчастих структур Донбасу. Породи цього циклу представлені лужними утвореннями. Відомі більш молоді впрова-

Северные крылья Боково-Хрустальской и Сулино-Садкинской структур являются крыльями Северной антиклинали, за которой находится зона мелкой складчатости. В этой зоне развиты крупные и мелкие брахисинклинальные складки, расчлененные сложной системой крупных и мелких надвигов.

Сложным строением отличается восточное замыкание Кальмиус-Торецкой котловины, где основная структура (Макеевско-Ряснянская мульда) расчленена поперечными флексурами и многочисленными разрывными нарушениями. Юго-западное крыло Кальмиус-Торецкой котловины характеризуется падением под углом  $12-20^\circ$  к центру котловины, осложненным пологими поперечными сбросами, создающими блоковую структуру залегания пород карбона. Восточное замыкание Бахмутской котловины (Алмазно-Марьевский район) представляет собой сложнопостроенный синклинорий из сочетания синклинальных и антиклинальных складок, разорванных многочисленными разрывными нарушениями, местами создающими чешуйчатые мелкоблочные структуры (см. рис. 5.16).

*Магматизм.* Проявления магматизма в пределах Донецкого бассейна известны на значительной площади. Наиболее широко развиты покровные образования основных и ультраосновных пород среди отложений верхнего девона. Этот вулканический цикл закончился на границе девона и нижнего карбона излиянием кислых лав.

Второй цикл вулканизма проявился в пфальцскую (граница перми и триаса) фазу и связан с формированием основных складчатых структур Донбасса. Породы этого цикла представлены щелочными образованиями. Известны более молодые

дження магматичних порід, які іноді відносять до третього магматичного циклу (основні і лужні породи – середня юра – палеоген), що проявився в позднескладчатий етап формування структури басейну. Більшість тіл магматичних порід мають форми міжшарових покладів, рідше зустрічаються січні тіла у виді даек чи невеликих штоків.

У післяскладчастий етап магматична діяльність проявилася на значній глибині. З цим періодом активізації (кінець кімерійського – початок альпійського циклу) деякі дослідники зв'язують формування поліметалевих і ртутних руд басейну.

*Вугленосність.* Промислово вугленасичені в Донецькому басейні відкладення усіх відділів карбону від свити  $C_1^3$  до свити  $C_3^1$  включно. Найбільше число шарів, що зберігають робочу потужність на великій території, відомо у свитах середнього карбону ( $C_2^5$  і  $C_2^6$ ). Вугленосність нижнього карбону має промислове значення в західних і південно-західних районах. У центральних районах вона не вивчена внаслідок глибокого залягання порід. У верхньому карбоні в свиті  $C_3^1$  робочу потужність мають лише кілька шарів.

Більшість шарів вугілля у Донбасі малопотужна; середня потужність робочих пластів складає 0,7м. Кількість вугільних шарів закономірно зменшується від центра до периферії басейну, особливо різке зменшення спостерігається в північному і східному напрямках. У цих же напрямках відбувається розщеплення шарів з утоненням і виклинюванням. Багато шарів мають просту будову.

*Якість вугілля.* Вугілля Донецького басейну в основному гумусове; сапропе-

внедрення магматических пород, иногда относимые к третьему магматическому циклу (основные и щелочные породы – средняя юра – палеоген), который проявился в позднескладчатый этап формирования структуры бассейна. Большинство тел магматических пород имеют формы межпластовых залежей, реже встречаются секущие тела в виде даек или небольших штоков.

В послескладчатый этап магматическая деятельность проявилась на значительной глубине. С этим периодом активизации (конец киммерийского – начало альпийского цикла) некоторые исследователи связывают формирование полиметаллических и ртутных руд бассейна.

*Угленосность.* Промышленно угленосны в Донецком бассейне отложения всех отделов карбона от свиты  $C_1^3$  до свиты  $C_3^1$  включительно. Наибольшее число пластов, сохраняющих рабочую мощность на большой территории, известно в свитах среднего карбона ( $C_2^5$  и  $C_2^6$ ). Угленосность нижнего карбона имеет промышленное значение в западных и юго-западных районах. В центральных районах она не изучена вследствие глубокого залегания пород. В верхнем карбоне в свите  $C_3^1$  рабочую мощность имеют несколько пластов.

Большинство пластов угля в бассейне маломощны; средняя мощность рабочих пластов составляет 0,7м. Количество угольных пластов закономірно уменьшается от центра к периферии бассейна, особенно резкое уменьшение наблюдается в северном и восточном направлениях. В этих же направлениях происходит расщепление пластов с утонением и выклиниванием. Многие пласты имеют простое строение.

*Качество углей.* Угли Донецкого бас-

літи зустрічаються лише у виді прошарків і істотного значення в балансі запасів не мають. Зольність вугілля змінюється в межах від 5 до 40%; вміст загальної сірки від 1 до 4,5%; теплота згоряння пальної маси від 31 до 35,6 МДж/кг. Вугілля басейну має широкий спектр марочного складу - від бурого до антрацитів. Буре і перехідне вугілля характерне для північних і північно-західних районів. У південно-східному напрямку пропорційно збільшенню потужності товщі осадових порід зростає ступінь метаморфізму вугілля. У південно-східному районі основну частку запасів складають антрацити. Значну частину в запасах (31%) і видобутку займає коксівне вугілля, яке використовується в коксохімічній і металургійній промисловості.

Запаси вугілля в Донбасі розвідані до глибин 1200-1800м, складають близько 50 млрд.т. З них 36% приходить на газове вугілля, запаси антрацитів – близько 18%. Геологічні запаси вугілля – близько 100 млрд. т. Крім вугілля у вугленосній товщі міститься близько 10 трлн. м<sup>3</sup> метану. З них велика частина (близько 70%) концентрується у гірських породах.

#### 5.13.2.2 Кузнецкий басейн

Кузнецкий вугільний басейн розташований у південній передгірній частині Західного Сибіру. Кузнецка улоговина обмежена зі сходу Кузнецким Алатау, з півдня – Гірською Шорією, з південно-заходу і заходу – Салаірським кряжем (мал.5.17).

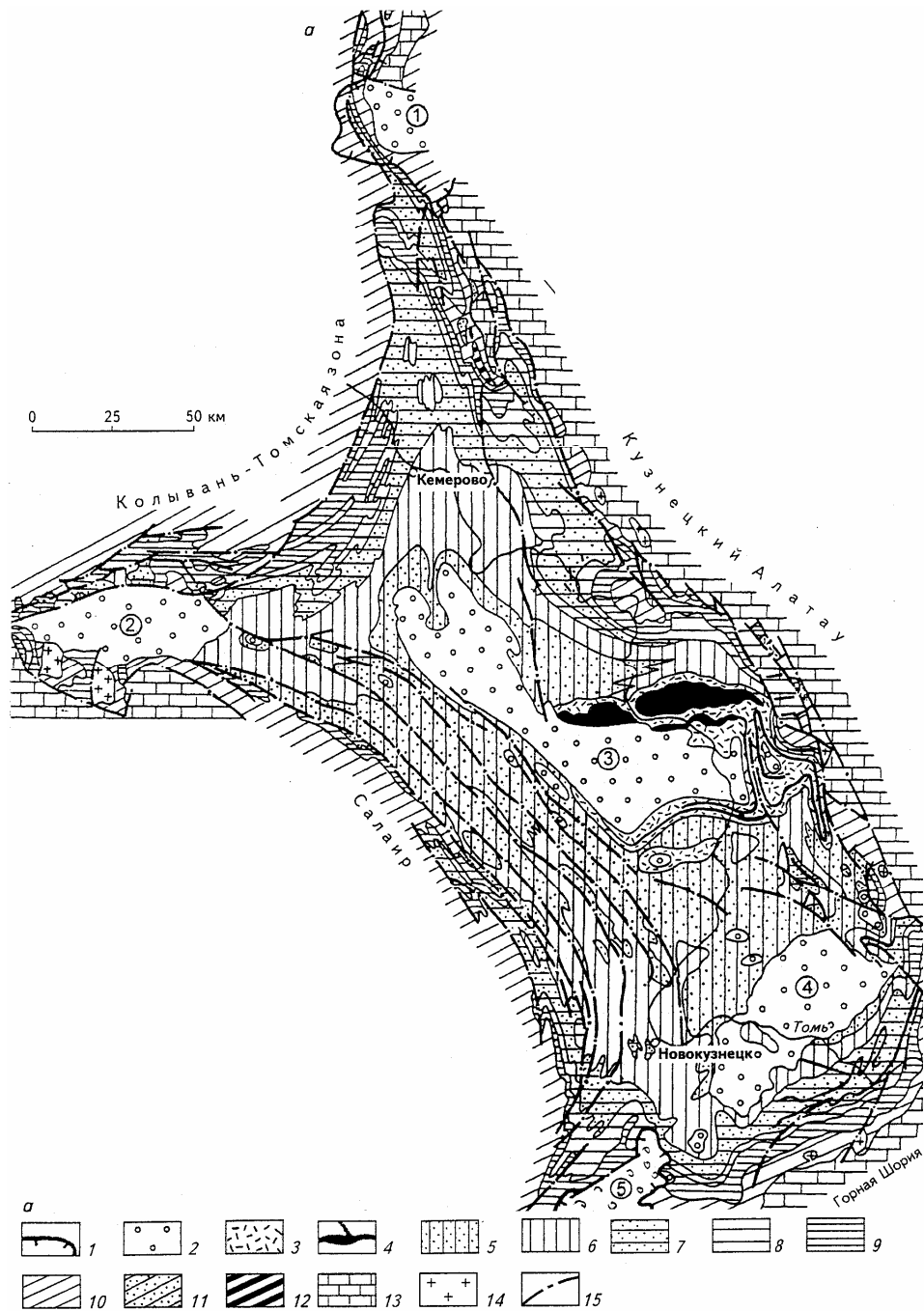
сейна в основном гумусовые; сапропелиты встречаются лишь в виде прослоек и существенного значения в балансе запасов не имеют. Зольность углей изменяется в пределах от 5 до 40%; содержание серы общей от 1 до 4,5%; теплота сгорания горючей массы от 31 до 35,6 МДж/кг. Угли бассейна имеют широкий спектр марочного состава - от бурых до антрацитов. Бурые и переходные угли характерны для северных и северо-западных районов. В восточного-восточном направлении пропорционально увеличению мощности толщи осадочных пород возрастает степень метаморфизма углей. В юго-восточном районе основную долю запасов составляют антрациты. Значительную часть в запасах (31%) и добыче занимают коксующиеся угли, используемые в коксохимической и металлургической промышленности.

Запасы угля в Донбассе разведанные до глубин 1200-1800м, составляют около 50 млрд.т. Из них 36% приходится на долю газовых углей. Запасы антрацитов – около 18%. Геологические запасы угля – около 100 млрд. т. Кроме угля в угленосной толще содержится около 10 трлн. м<sup>3</sup> метана. Из них большая часть (около 70%) сконцентрирована во вмещающих породах.

#### 5.13.2.2 Кузнецкий бассейн

Кузнецкий угольный бассейн расположен в южной предгорной части Западной Сибири. Кузнецкая котловина ограничена с востока Кузнецким Алатау, с юга – Горной Шорией, с юго-запада и запада – Салаирским кряжем (рис.5.17).





Мал.5.17. Геологічна карта Кузнецького басейну по А.В.Юзвицькому (2003).

а) 1 - крейдові відкладення; 2 - вугленосні юрські; 3,4 - триасові: 3 –туфогенно-терригені; 4 - базальти; 5-8 - вугленосні верхнепалеозойські відкладення: 5, 6 - кольчугинська серія: 5 - продуктивні, 6 - малопродуктивні і непродуктивні; 7, 8 - Балахонська серія: 7 - продуктивні, 8 - малопродуктивні і непродуктивні; 9 - терригенно-карбонатна Острожська серія; 10 – відкладення верхнього девону; 11 – вугленосна товща верхнього девону; 12 – товща палих сланців девону; 13 – карбонатні відкладення девону; 14 – упродовження кислих порід; 15 – простягання основних тектонічних структур басейну; 16 геолого-промислові райони Кузбасу.

Рис.5.17. Геологическая карта Кузнецкого бассейна по А.В.Юзвицькому (2003).

а) 1 – меловые отложения; 2 – угленосные юрские; 3, 4 – триасовые: 3 - туфогенно-терригеновые; 4 – базальты; 5-8 – угленосные верхнепалеозойские отложения: 5, 6 - кольчугинская серия: 5 – продуктивные, 6 – малопродуктивные и непродуктивные; 7, 8 – Балахонская серия: 7 – продуктивные, 8 – малопродуктивные и непродуктивные; 9 – терригенно-карбонатная Острожская серия; 10 – отложения верхнего девона; 11 – угленосная толща верхнего девона; 12 – толща горючих сланцев девона; 13 – карбонатные отложения девона; 14 – интрузии кислых пород; 15 – простирания основных тектонических структур бассейна; 16 – геолого-промышленные районы Кузбасса.

Площа басейну складає 27 тис. км<sup>2</sup>. Промисловістю освоєні північна, західна і південно-західна окраїни басейну. Почато освоєння центральних районів басейну. Діючі і споруджувані шахти охоплюють лише 1/5 вугленосної площі.

*Стратиграфія.* У складі відкладень, що заповнюють Кузнецьку улоговину, виділяються нижньопалеозойські (кембрій – девон) морські осадові породи, що підстиляють карбоно-пермські і мезозойські вугленосні шари. Вугленосна товща розділяється на чотири горизонти (знизу нагору): девонський, два палеозойських (Балахонська – С<sub>1</sub>-Р<sub>1</sub>, Кольчугинська Р<sub>2</sub> серії) і мезозойський (Тарбаганська J<sub>1</sub>-J<sub>2</sub> серія). Іноді під Тарбаганською серією фіксуються безвугільні відкладення нижнього триасу (Мальцівська серія). Загальна потужність вугленосних відкладень близько 9 тис. м. Іноді, у зв'язку з відсутністю деяких свит, їх потужність не перевищує 5-6 тис. м.

Девонські вугленосні відкладення мають розвиток лише на північному сході басейну й складені мілководними морськими і лагунно-континентальними осадами – пісковиками, аргілітами, серед яких залягають шари ліптобіолітового вугілля і пальних сланців. Їх загальна потужність 200-300 м.

Верхньопалеозойські товщі (С<sub>1n</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub>) розвинені досить широко. Їх потужність 2-8 тис. м. Балахонська серія складена трьома підсеріями (знизу нагору): Острозькою (550 м), Нижньобалахонською (900-980 м – свити мазурівська, аликаєвська) і Верхньобалахонською (700-1000 м, свити проміжна, ішанівська та кемеровська). Кольчугинська серія також має три підсерії: Кузнецьку (слабо вугленосу 800-860 м), Ільїнську

Площадь бассейна составляет 27 тыс. км<sup>2</sup>. Промышленностью освоены северная, западная и юго-западная окраины бассейна. Начато освоение центральных районов бассейна. Действующие и строящиеся шахты охватывают лишь 1/5 угленосной площади.

*Стратиграфия.* В составе отложений, заполняющих Кузнецкую котловину, выделяются нижнепалеозойские (кембрий? - девон) морские осадочные породы, подстилающие карбоно-пермские и мезозойские слои. Угленосная толща приурочена к четырем горизонтам (снизу вверх): девонскому, двум палеозойским (Балахонская - С<sub>1</sub>-Р<sub>1</sub>, Кольчугинская - Р<sub>2</sub> серии) и мезозойскому (Тарбаганская - J<sub>1</sub>-J<sub>2</sub> серия). Местами Тарбаганская серия подстилается безугольными отложениями нижнего триаса (Мальцевская серия). Общая мощность угленосных осадков около 9 тыс. м., а в отдельных регионах, вследствие несовместного распространения некоторых свит, не превышает 5-6 тыс. м.

Девонские угленосные отложения развиты лишь на северо-востоке бассейна. Они представлены, в основном, мелководными морскими и лагунно-континентальными осадками - песчаниками и аргиллитами, среди которых залегают липтобиолитовые угли и горючие сланцы. Их общая мощность 200 – 300 м.

Верхнепалеозойские толщи (С<sub>1n</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub>) развиты очень широко. Их общая мощность около 7-8 тыс. м. Балахонская серия включает в себя три (снизу вверх) подсерии: Острожскую (550 м), Нижнебалахонскую (900-980 м - свиты мазуровская и аликаевская) и Верхнебалахонскую (700-1000 м, свиты промежуточная, ишановская и кемеровская).

(2650-2780 м, казаново-маркинська і ускатська свити) та Єрунаківську (до 2000 м – ленінська, граматівська, тайлуганська свити) В карбоно-пермських відкладеннях переважають поліміктові пісковики і алевроліти. Рідше зустрічаються аргіліти і лише іноді глинисті вапняки. Головна вугленасиченість пов'язана з палеозойськими горизонтами.

Мальцівська серія складена ярко-бурими та зеленуватими пісковиками і алевролітами. Вона має розвиток лише у центральній часті басейну.

Тарбаганська серія (1700 м – свити распадська, абашевська, осинівська і терсинська) складена пісковиками, алевролітами, аргілітами, гравелітами й конгломератами Серед них (переважно серед конгломератів) залягають пласти бурого вугілля.

*Тектоніка.* Кузнецкий басейн входить до складу Алтае-Саянської складчастої області і являє собою великий синклінорій, обмежений підняттями більш древніх гірських систем. У геолого-структурному відношенні басейн відноситься до крайових прогинів (Н.С.Шатський, В.А.Кузнецов) чи до міжгірських западин (В.І.Яворський, І.І.Молчанов). Площа первісного поширення осадових виходила далеко за межі сучасних кордонів басейну.

У центральній частині басейну виділяються положисті брахисинклінальні складки і куполоподібні підняття, що переходять на периферії у складки (більш круті) асиметричної будови (мал.5.18).

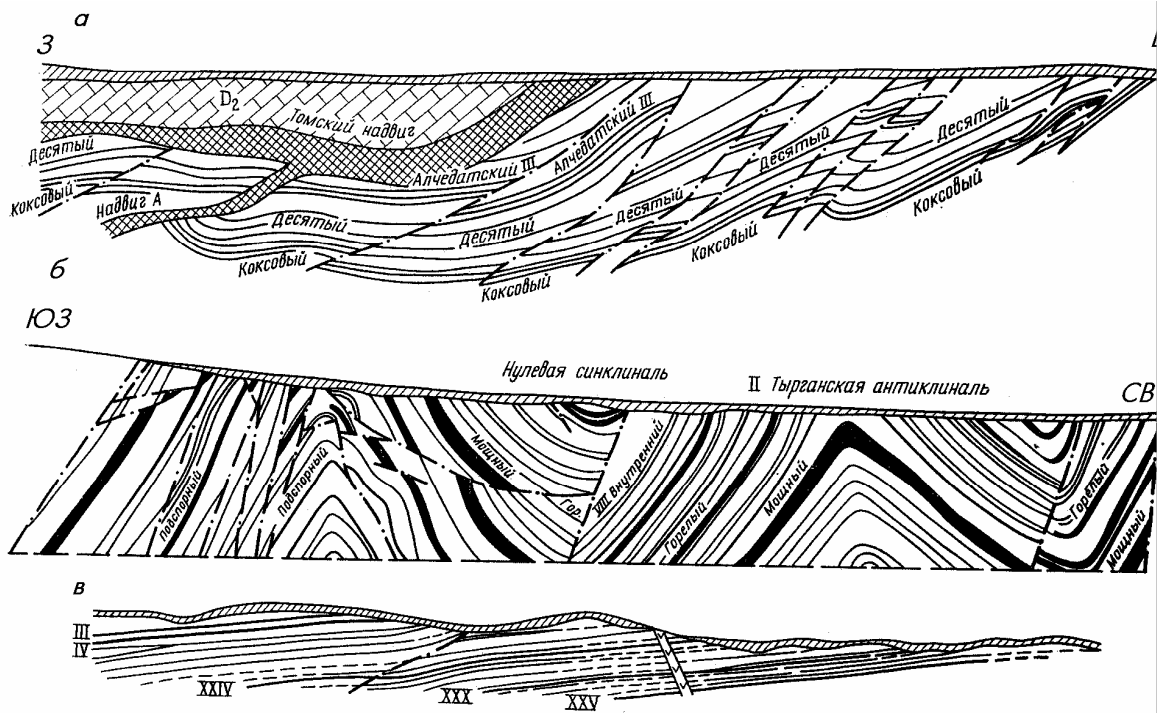
Кольчугинская серія також содержит три подсерии : Кузнецкую (слабоуглистую 830- 860 м), Ильинскую (2650 – 2780 м, казанково-маркинская и ускатская свиты) и Ерунаковскую (до 2000м - ленинская, граматьевская и тайлуганская свиты). В карбон-пермских отложениях преобладают полимиктовые песчаники и алевролиты. Реже встречаются аргиллиты и лишь изредка глинистые известняки. Основная угленосность приурочена к этим горизонтам.

Мальцевская серія представлена ярко-бурыми и зеленоватыми песчаниками и алевролитами. Она сохранилась только в центральной части бассейна.

Тарбаганская серія (1700 м - свиты распадская, абашевская, осиновская и терсинская) сложена песчаниками, алевролитами, аргиллитами, гравелитами и конгломератами. Среди них залегают пласты бурых и каменных углей.

*Тектоника.* Кузнецкий бассейн входит в состав Алтае-Саянской складчатой области и представляет собой крупный синклинорий, ограниченный поднятиями более древних горных систем. В геолого-структурном отношении бассейн относится к краевым прогибам (Н.С.Шатский, В.А.Кузнецов) или к межгорным впадинам (В.И.Яворский, И.И.Молчанов). Площадь первоначального распространения осадков выходила далеко за пределы современных границ бассейна.

В центральной части бассейна выделяются пологие брахисинклінальные складки и куполовидные поднятия, переходящие в складки (более крутые) асиметричного строения по периферии (рис.5.18).



Мал.5.18. Схематичні геологічні розрізи районів розвитку Балахонської серії відкладень Кузнецького басейну по К.В.Миронову (1982).  
 Родовища: а – Анжерське; б – Прокоп'євсько-Киселівське; в – Томь-Усинське.  
 1 – відкладення середнього девону; 2 – зона дроблення; 3 – вугільні шари;  
 4 – вивержені породи; 5 – покривні відкладення; 6 – розривні порушення.  
 Рис.5.18. Схематические геологические разрезы районов развития Балахонской серии отложений Кузнецкого бассейна по К.В.Миронову (1982).  
 Месторождения: а – Анжерское; б – Прокопьевско- Киселевское; в – Том-Усинское.  
 1 – отложения среднего девона; 2 – зона дробления; 3 – угольные пласты;  
 4 – изверженные породы; 5 – покрывные отложения; 6 – разрывные нарушения.

По країнах басейну спостерігаються крайові чи прикордонні розриви з амплітудою до 1500м: 1) насування на кордоні із Салаїром і Коливань-Томською складчастою дугою; 2) розломи на кордоні з Кузнецьким Алатау. По всій площі басейну поширені дрібні розриви, що приликають до крайових і утворилися на різних стадіях формування складок.

Вугленосність у Кузнецькому басейні встановлена у відкладеннях девону, карбон-пермської Балахонської і пермської Кольчугинської серіях і в юрських відкладеннях конгломератової свити Тарбаганської серії (табл.5.13).

По окраинам бассейна наблюдаются краевые или пограничные разрывы с амплитудой до 1500м: 1) надвиги на границе с Салаиром и Колывань-Томской складчатой дугой; 2) разломы на границе с Кузнецким Алатау. По всей площади бассейна распространены мелкие разрывы, примыкающие к крупным и образовавшиеся на разных стадиях формирования складок.

Угленосность в Кузнецком бассейне установлена в отложениях девона, карбон-пермской балахонской и пермской кольчугинской сериях и в юрских отложениях конгломератовой свиты (табл.5.13).

Таблиця 5.13

## Вугленосність Кузнецького басейну

Підсерії та серії	Сумарна потужність свит, м	Кількість шарів	Потужність шарів вугілля, м		Коефіцієнт вугленасиченості, %
			сумарна	середня	
Нижньо- и Верхнебалахонські	850-2600	15-31	54-90	2,0-6,0	2,1-10,6
Єрунаківська й верхня частина Ільїнської	490-2676	16-57	25-99,5	1,1-1,9	2,0-5
Тарбаганська	—	4-8	18-37,5	1,0-4,0	—

Таблиця 5.13

## Угленосность Кузнецкого бассейна

Подсерии и серии	Суммарная мощность свит, м	Количество пластов	Мощность пластов угля, м		Коэффициент угленосности, %
			суммарная	средняя	
Нижне- и Верхнебалахонские	850-2600	15-31	54-90	2,0-6,0	2,1-10,6
Ерунаковская и верхняя часть Ильинской	490-2676	16-57	25-99,5	1,1-1,9	2,0-5
Тарбаганская	—	4-8	18-37,5	1,0-4,0	—

У червоноколірних породах нижнього і середнього девону по північно-східній окраїні басейну зустрічаються потужні шари пальних сланців і шари щільного ліптобіолітового листоватого вугілля (барзаситів) потужністю до 1,5м. Нижне- і Верхнебалахонська підсерії мають максимальну вугленосність на південно-західному крилі басейну (Бачатський і Прокоп'ївсько-Киселівський райони), де найбільшій вугленасиченістю характеризуються дві верхні свити: усятська і кемеровська. Менш насичені вугіллям ішанівська, проміжна, аликаєвська і мазурівська свити.

Єрунаківська і Ільїнська підсерії площею близько 6800км<sup>2</sup> мають вугленосність менш витриману, ніж у Балахонській серії, максимальне вугленакопичення спостерігається в Ленінському й Єрунаківському районах. У відкладеннях більш дрібних синклінальних структур (Біловської, Осинівської і Байдаєвської) верхні горизонти Єрунаківської підсерії відсутні, є лише нижні і середні горизонти

В красноцветных породах нижнего и среднего девона по северо-восточной окраине бассейна встречаются мощные слои горючих сланцев и пласты плотных листоватых липтобиолитовых углей (барзаситов) мощностью до 1,5м. Нижне- и Верхнебалахонская подсерии имеют максимальную угленосность на юго-западном крыле бассейна (Бачатский и Прокопьевско-Киселевский районы), где наибольшей угленасыщенностью характеризуются две верхние подсвиты: усятская и кемеровская. Менее насыщены углем ишановекая, промежуточная, аликаевская и мазуровская подсвиты.

Ерунаковская и Ильинская подсерии площадью около 6800км<sup>2</sup> имеют угленосность менее выдержанную, чем в Балахонской серии, максимальное угленакопление наблюдается в Ленинском и Ерунаковском районах. В отложениях более мелких синклінальных структур (Беловской, Осиновской и Байдаевской) верхние горизонты Ерунаковской подсерии отсутствуют. Здесь вскрыты лишь нижние и средние го-

Кольчугинської серії. Вугільні шари витримані по простяганню і дуже мінливі в напрямку від периферії до центральної частини улоговини. Наприклад, ускатська свита має витриману вугленосність по простяганню й уздовж західної окраїни басейну і дуже швидко (на відстані 15–20 км у напрямку до центральної частини улоговини), стає безвугільною.

Конгломератова свита Тарбаганської серії поширена на площі близько 4400 км<sup>2</sup>, вугленосність її хитлива і ще недостатньо вивчена. У світі зустрічається від чотирьох до восьми вугільних шарів складної будови, розташованих у нижній і верхній частинах і розділених безвугільною товщею потужністю 120–130 м.

*Якість і метаморфізм вугілля.* Вугілля басейну в переважній масі кам'яне, рідше - антрацити (які виникли в результаті регіонального, термального і контактово-термального метаморфізму). Петрографічний склад їх більш різноманітний, ніж у Донбасі – переважають гумусові, але зустрічаються фюзеноліти, ліптобіоліти і гуміто-сапропеліти.

Вугілля девонських відкладень змішане - гумусово-сапропелітове – "барзасити", високозольне – ( $A^d$  до 45%), що переходить у слабометаморфизовані пальні сланці.

Карбоново-пермське вугілля Балахонської і Кольчугинської серії має вихід летючих  $V^r$  від 15-17 до 40 %; вміст сірки – 0,3-0,6 %; фосфору – 0,001 – 0,12 %;  $Q_i^c = 30,1-33,2$  МДж/кг. Зольність вугілля від 5-6 до 16-25 %. У потужних шарах зольність менше, ніж у тонких. Вугілля добре збагачується. Використовується для коксування і як енергетична сировина.

Юрське буре вугілля має  $Q_i^c$  до 21 МДж/кг., вихід смол до 14 %.

ризонти Кольчугинської серії. Угольні пласти выдержаны по простиранию и сильно изменчивы в направлении от периферии к центральной части котловины. Например, ускатская свита имеет выдержанную угленосность по простиранию и вдоль западной окраины бассейна и очень быстро (на расстоянии 15–20 км по направлению к центральной части котловины) становится безугольной.

Тарбаганская серия распространена на площади около 4400 км<sup>2</sup>, угленосность ее неустойчива и еще недостаточно изучена. В свите встречается от четырех до восьми угольных пластов сложного строения, расположенных в нижней и верхней частях и разделенных безугольной толщиной мощностью 120–130 м.

*Качество и метаморфизм углей.* Угли бассейна в преобладающей массе каменные, реже - антрациты (возникшие в результате регионального, термального и контактово-термального метаморфизма). Петрографический состав их более разнообразен, чем в Донбассе – преобладают гумусовые, но встречаются фюзенолиты, липтобиолиты и гумито-сапропелиты.

Угли девонских отложений смешанные - гумусово-сапропелитовые – "барзаситы", высокозольные – ( $A^d$  до 45%), переходящие в слабометаморфизованные горючие сланцы.

Карбоново-пермские угли балахонской и кольчугинской серии имеют выход летучих  $V^r$  от 15-17 до 40 %; содержание серы – 0,3-0,6 %; фосфора – 0,001 – 0,12 %;  $Q_i^c = 30,1-33,2$  МДж/кг. Зольность углей от 5-6 до 16-25 %. В мощных пластах зольность меньше, чем в тонких. Угли хорошо обогащаются. Используются для коксования и как энергетическое сырье.

Юрские бурые угли имеют  $Q_i^c$  до 21 МДж/кг., выход смол до 14 %.

Для Кузнецького басейну характерна загальна закономірність – збільшення стадії метаморфізму вугілля в центральній частині басейну і від верхніх шарів до нижніх. Вихід летючих речовин у стратиграфічному розрізі змінюється від 0,5 до 3% на 100м глибини. У Мраському, Томь-Усинському і Терсинському районах і по східній окраїні басейну спостерігається явище термального метаморфізму (наявність даек і силів долеритів), вугілля Балахонської серії найбільше метаморфізоване (мінімальний вихід летючих речовин 5–7%). Вугілля Кольчугинської серії менш метаморфізоване (вихід летючих речовин вище 32%). Вугілля басейну самозаймисте, особливо шари великої потужності.

Розвідані і попередньо оцінені запаси басейну – близько 80 млрд. т. Геологічні – близько 500 млрд. т. Добуто у 2003 р. 143 млн. т, у т.ч. до 60 % відкритим способом. Запаси метану у вугленосній товщі Кузбасу - близько 13 трлн. м<sup>3</sup>. Добувають близько 2,5 млн. м<sup>3</sup> у рік.

### 5.13.2.3 Львівсько-Волинський басейн

Басейн знаходиться на території Львівської і Волинської областей України, займаючи вузьку смугу довжиною 125 км уздовж кордону з Польщею від міста Олесько-Буськ на півдні до м. Володимир-Волинський на півночі. Промислова вугленосність встановлена в 1948 р., освоєння басейну почато в 1950 р., видобуток вугілля – у 1954 р. У даний час мається 14 діючих шахт, річна здобич біля 3 млн.т..

Вугленосні відкладення нижнього (C<sub>1v</sub>–G<sub>1n</sub>) і середнього (C<sub>2b</sub>) карбону складають замкову частину великої Львівської мульди – південно-східного замикання Люблінського вугільного басейну (Польща), пов'язаного з Лодзинсько-Львівським

Для Кузнецкого бассейна характерна общая закономерность – увеличение стадии метаморфизма угля в центральной части бассейна и от верхних пластов к нижним. Выход летучих веществ в стратиграфическом разрезе изменяется от 0,5 до 3% на 100м глубины. В Мрасском, Томь-Усинском и Терсинском районах и по восточной окраине бассейна наблюдается явление термального метаморфизма (наличие даек и силлов долеритов), угли балахонской серии наиболее метаморфизованы (минимальный выход летучих веществ 5–7%). Угли кольчугинской серии менее метаморфизованы (выход летучих веществ выше 32%). Угли бассейна самовозгорающиеся, особенно пласты большой мощности.

Разведанные и предварительно оцененные запасы бассейна – около 80 млрд. т. Геологические – около 500 млрд. т. В 2003 г. добыто 143 млн. т, в т.ч. до 60 % открытым способом. Запасы метана в угленосной толще Кузбасса - около 13 трлн. м<sup>3</sup>. Добывают около 2,5 млн. м<sup>3</sup> в год.

### 5.13.2.3 Львовско-Волинский бассейн

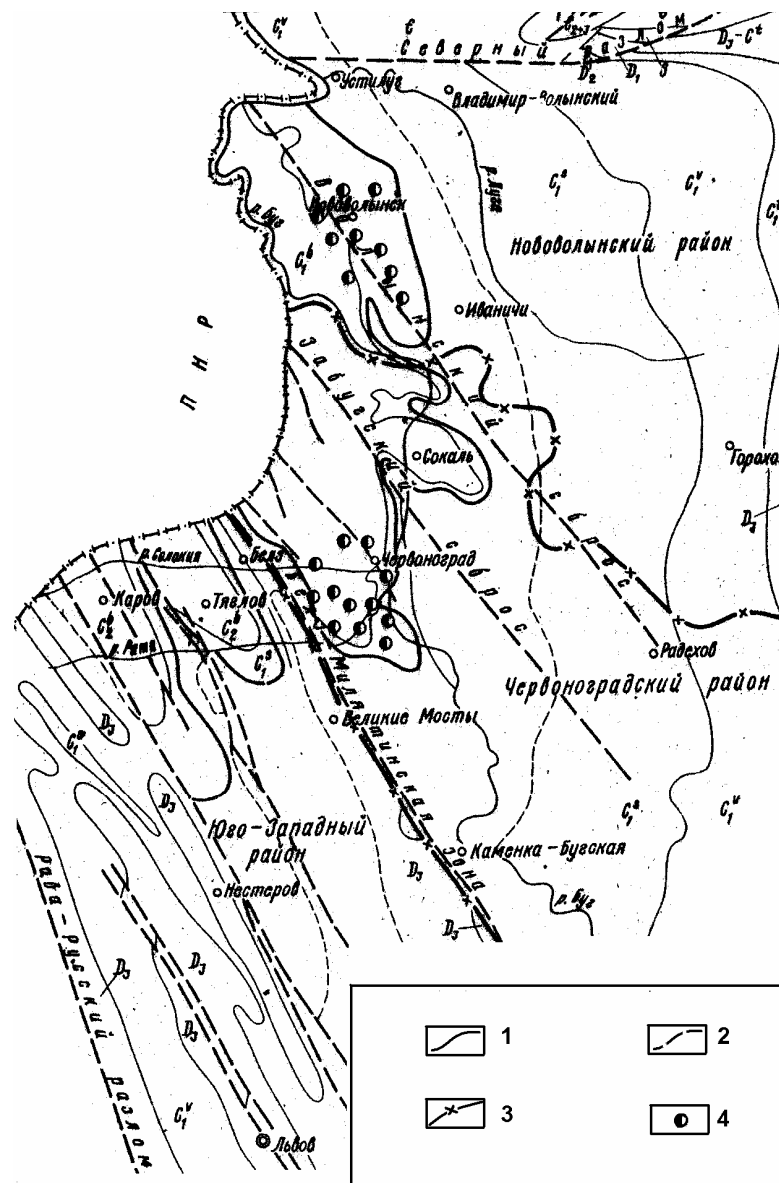
Бассейн находится на территории Львовской и Волинской областей Украины, занимая узкую полосу длиной 125км вдоль границы с Польшей от городов Олесько-Буск на юг до г. Владимира-Волинского на север.

Промышленная угленосность установлена в 1948г, освоение бассейна начато в 1950г, добыча угля – в 1954г. В настоящее время (2004г.) в бассейне 14 действующих шахт, годовая добыча около 3 млн. т.

Угленосные отложения нижнего (C<sub>1v</sub>–G<sub>1n</sub>) и среднего (C<sub>2b</sub>) карбона слагают замковую часть крупной Львовской мульды – юго-восточного замыкания Люблинского

прогином на західній окраїні древньої Східно-Європейської платформи (мал. 5.19).

угольного басейна (Польща), связанного с Лодзинско-Львовским прогибом на западной окраине древней Восточно-Европейской платформы (рис. 5.19).



Мал.5.19. Схематична карта Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну по М.І.Струєву (1984).

1 – вихід нижнього розроблювального вугільного шару; 2 – тектонічні порушення; 3 – межі геолого-промислових районів; 4 – діючі шахти.

Рис.5.19. Схематическая карта Львовско-Волынского каменноугольного бассейна по М.И.Струеву (1984)

1 – выход нижнего разрабатываемого угольного пласта; 2 – тектонические нарушения; 3 – границы геолого-промышленного района; 4 – действующие шахты.

Загальне моноклінальне залягання кам'яновугільних відкладень з падінням на північний захід під кутами 0,5–1° ускладнено в південній частині басейну широ-

Общее моноклиналиное залегание каменноугольных отложений имеет падение на СЗ под углами 0,5–1° осложнено в южной части бассейна широкими пологими



кими положистими брахісинкліналями (із півночі на південь): Межречінською, Тяглівською і Карівською, у яких виділені одноімненні родовища. У північній і центральній частинах басейну знаходяться Волинське і Забугське, а у відособленої брахіскладці – Сокальське родовища. Поділяючі брахісинклі підняття ускладнені великими взбросами і скиданнями амплітудою в десятки і сотні метрів. Падіння порід на крилах цих складок  $5-7^\circ$ , у їхніх центральних частинах розвинуті дрібні розриви переважно північно-східного простягання. Вугленосні породи перекриті комплексом юрських, крейдових і неогенових відкладень, потужність яких зростає в південно-західному напрямку від 100 до 1000м.

*Промислова вугленосність* в основному пов'язана з нам юрськими опадами, які містять 1–4 шари (із середньою потужністю 0,7–1,2м при коливаннях 0,5–3,1м), що залягають на глибині від 250м на сході до 750м на заході басейну. У башкирських і визейських відкладеннях містяться численні шари і прошарки вугілля. Їх потужність досягає робочого значення лише на обмежених ділянках. Вугілля кам'яне, в основному марок Г - Д (81%), частково Ж і К, зі зростанням ступеня метаморфізму в південному напрямку. Якість товарного вугілля:  $W^f=5-10\%$ ,  $A^d=23-42\%$ ,  $V^{daf}=36-39\%$ ,  $S_t^d=3,3-4,5\%$ ,  $Q_s^{daf}=32,15-34,54$  МДж/кг,  $Q_i^r=16,29-21,44$  МДж/кг. Використовуються як енергетичне паливо, частково в складі шихт – як коксохімічна сировина.

Найбільш сприятливі для промислового освоєння родовища: Волинське, Межречінське і Забугське (табл.5.14). Інші розвідані родовища характеризуються більш низькою вугленасиченістю й обмеженими запасами вугілля (Сокальське) чи

брахісинкліналями (с С на Ю): Межреченской, Тягловской и Каровской, в которых выделены одноименные месторождения. В северной и центральной частях бассейна находятся Волинское и Забугское, а в обособленной брахискладке – Сокальское месторождения. Разделяющие брахисинклинали поднятия осложнены крупными взбросами и сбросами амплитудой в десятки и сотни метров. Падение пород на крыльях этих складок  $5-7^\circ$ , в их центральных частях развиты мелкие разрывы преимущественно северо-восточного простирания. Угленосные породы перекриты комплексом юрских, меловых и неогеновых отложений, мощность которых возрастает в юго-западном направлении от 100 до 1000м.

*Промышленная угленосность* в основном связана с намюрскими отложениями, содержащими 1–4 пласта (со средней мощностью 0,7–1,2м при колебаниях 0,5–3,1м), залегающих на глубине от 250м на востоке до 750м на западе бассейна. В башкирских и визейских отложениях содержатся многочисленные пласты и пропластки угля, мощность которых достигает рабочего значения лишь sporadически на ограниченных участках. Угли каменные, в основном марки Г - Д (81%), частично Ж и К, с возрастанием степени метаморфизма в южном направлении. Качество товарного угля:  $W^f=5-10\%$ ,  $A^d=23-42\%$ ,  $V^{daf}=36-39\%$ ,  $S_t^d=3,3-4,5\%$ ,  $Q_s^{daf}=32,15-34,54$  МДж/кг,  $Q_i^r=16,29-21,44$  МДж/кг. Используются как энергетическое топливо, частично в составе шихт – как коксохимическое сырье.

Наиболее благоприятные для промышленного освоения месторождения: Волинское, Межреченское и Забугское (табл.5.14). Другие разведанные месторождения характеризуются более низкой угле-

більш складними умовами відпрацювання.

насыщенностью и ограниченными запасами угля (Сокальское) или более сложными условиями отработки.

Таблиця 5.14

Основні розвідані родовища Львівсько-Волинського басейну

Родовище	Площа, км <sup>2</sup>	Кількість робочих шарів	Глибина залягання, м	Марка (група) вугілля	Запаси вугілля, млн.т	
					A + B + C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Волинське	370	3	330–505	ДГ	74,0	—
Міжречінське	90	3	435–550	Г, Ж	175,8	3,8
Забугське	400	3–4	470–600	Г	385,5	66
Тягловське	150	7	870	Г, К	227,5	70,2
Любельське	540	6-14	750-1350	Ж, К	280,5	92,8

Таблиця 5.14

Основные разведанные месторождения Львовско-Волинского бассейна

Месторождение	Площадь, км <sup>2</sup>	Число рабочих пластов	Глубина залегаания, м	Марка (група) угля	Запасы угля, млн.т	
					A + B + C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Волинское	370	3	330–505	ДГ	74,0	—
Межреченское	90	3	435–550	Г, Ж	175,8	3,8
Забугское	400	3–4	470–600	Г	385,5	66
Тягловское	150	7	870	Г, К	227,5	70,2
Любельское	540	6-14	750-1350	Ж, К	280,5	92,8

Гірничо-геологічні умови складні через малу і невитриману потужність шарів, а також місцями високу метаносність вугілля і порід. Наявність потужного водоносного горизонту у верхньокрейдових відкладеннях обумовлює необхідність застосування спеціальних способів будівництва стовбурів шахт.

Запаси вугілля: розвідані – 1,2млрд.т, попередньо оцінені – 259млн.т. Максимальний видобуток складає 10 млн.т/рік. Зараз видобувають близько 3 млн.т./рік.

Горно-геологические условия сложные из-за малой и невыдержанной мощности пластов и местами высокой метаносности углей и пород. Наличие мощного водоносного горизонта в верхнемеловых отложениях обуславливают необходимость применения специальных способов проходки стволов шахт.

Запасы угля: разведанные – 1,2млрд.т, предварительно оцененные – 259млн.т. Максимальная добыча составляла 10 млн.т/год. Сейчас добывается около 3 млн.т./год.

5.13.3. Родовища геосинклінальної групи.

Відомі вугільні родовища цієї групи нечисленні. Вони утворилися на геосинклінальному етапі розвитку деяких областей на обмежених площах внутрішніх (центральных) прогинів з уповільненою швидкістю прогинання, компенсуемого накопиченням вугленосної товщі. Типовими представниками формації геосинклінальної групи є родовища нижньокарбонової товщі східного Уралу, можливо Горлівського (південніше м.Новосибірськ) і Сучанського (Примор'я) басейнів.

#### 5.13.3.1 Родовища східного Уралу

Нижньокарбонові родовища розташовані в ізольованих западинах витягнутої в меридіональному напрямку складчастої структури Уралу. Вони складені вугленосними теригенно-уламковими і карбонатними осадами. Вік вугленосності від турнейського ярусу на півдні (Берчогурське, Полтаво-Брединське родовища) до візейського на півночі (Егоршино-Каменська група родовищ) (мал.5.20).

Потужність вугленосних товщ змінюється від 170 до 1500 м. Шари пісного вугілля і антрацитів – невитримані, потужністю від перших дм до 2-2,5 м. Кількість шарів на різних родовищах складає від декількох до перших десятків. Тектоніка ділянок і шахтних полів дуже складна – лінійні складки з численними розривами. Для них характерно блокова і луската будова, наявність різноманітних по складу і розмірам січних магматичних тіл. Запаси вугілля на родовищах даного типу незначні - не перевищують одного млрд. т.

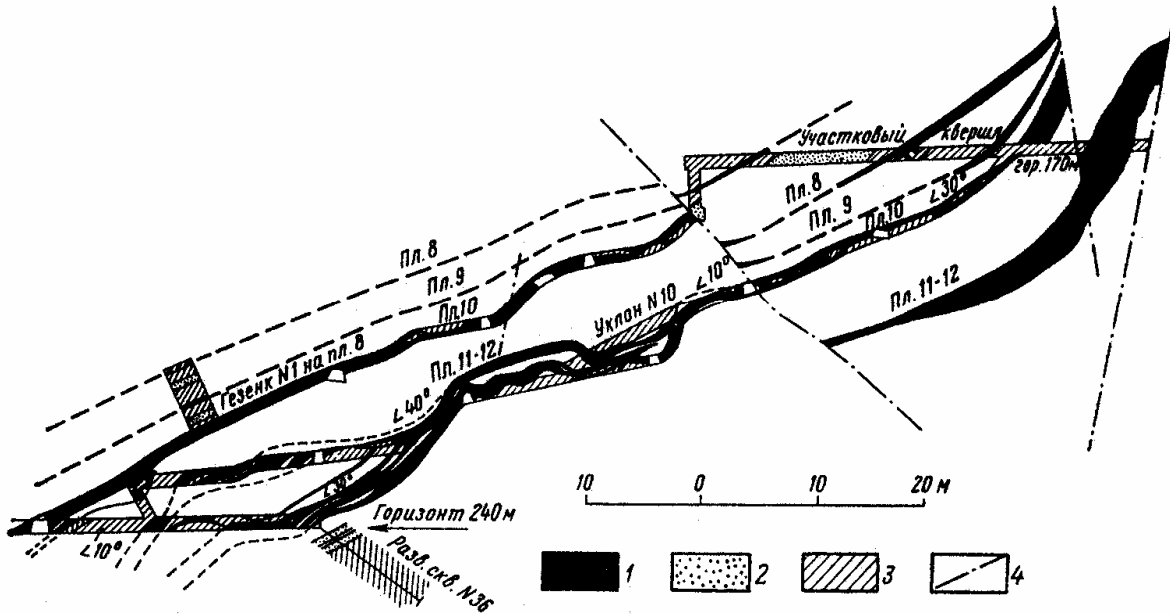
5.13.3 Месторождения геосинклиальной группы.

Известные угольные месторождения этой группы немногочисленны. Они образовались на геосинклинальном этапе развития некоторых областей на ограниченных площадях внутренних (центральных) прогибов с замедленной скоростью прогибания, компенсируемого накоплением угленосной толщи. Типичными представителями формации геосинклинальной группы являются месторождения нижнекарбоновой толщи восточного Урала, возможно Горловского (южнее г.Новосибирск) и Сучанского (Приморье) бассейнов.

#### 5.13.3.1 Месторождения восточного Урала

Нижнекарбоновые месторождения расположены в изолированных впадинах вытянутой в меридиональном направлении складчатой структуры Урала. Они сложены угленосными теригенно-обломочными и карбонатными осадками. Возраст угленосности от турнейского яруса на юге (Берчогурское, Полтаво-Брединское месторождения) до визейского на севере (Егоршино-Каменская группа месторождений) (рис 5.20).

Мощность угленосных толщ изменяется от 170 до 1500 м. Пласты тощих углей и антрацитов – невыдержанные, мощностью от первых дм до 2-2,5 м. Количество пластов на разных месторождениях составляет от нескольких до первых десятков. Тектоника участков и шахтных полей очень сложная – линейные складки с многочисленными разрывами. Для них характерно блочное и чешуйчатое строение, наличие разнообразных по составу и размерам секущих магматических тел. Запасы угля на месторождениях данного типа незначительные - не превышают одного млрд. т.



Мал.5.20. Геологічний розріз Єгоршинського родовища на східному схилі Північного Уралу по М.І.Сидоровичу (К.В.Миронов, 1992).

1 – вугілля; 2 – пісковик; 3 – аргіліт; 4 – розривні порушення.

Рис.5.20. Геологический разрез Егоршинского месторождения на восточном склоне Северного Урала по М.И.Сидоровичу (К.В.Миронов, 1992)

1 – уголь; 2 – песчаник; 3 – аргиллит; 4 – разрывные нарушения.

#### 5.14. Пальні сланці

Пальними сланцями називають гірську породу, що містить органічну (пальну) речовину - кероген і мінеральну масу. Сланці легко загоряються від сірника і горять полум'ям, що коптить, з характерним запахом гуми. Вони розколюються на тонкі пластинки і містять більш 40% золи і від 10-15 до 50-60 % органічної речовини. Елементний склад пальних сланців : С- 75 – 82%, Н<sub>2</sub> – 8-12 %, О<sub>2</sub> -8-10 %, S до 1,5 %, Cl < 1 %, N – 0,4 – 0,5 %. Теплота згоряння 5 – 14 МДж/кг. Утворення пальних сланців йде в морських умовах з осаду водоростей і мікроорганізмів на глибинах до 300м при обмеженій присутності кисню, у мінералізованому водяному середовищі. З цього осаду формується вихідна речовина пальних сланців – кероген. Пальні сланці зустрічаються у всіх

#### 5.14. Горючие сланцы

Горючими сланцями називають горную породу, содержащую органическое (горючее) вещество - кероген и минеральную массу. Сланцы легко загораются от спички и горят коптящим пламенем с характерным запахом резины. Они раскалываются на тонкие пластинки и содержат более 40% золы и от 10-15 до 50-60 % органического вещества. Элементный состав горючих сланцев: С- 75 – 82 %, Н<sub>2</sub> – 8-12 %, О<sub>2</sub> -8-10 %, S до 1,5 %, Cl < 1 %, N – 0,4 – 0,5 %. Теплота сгорания 5 – 14 МДж/кг. Образование горючих сланцев идет в морских условиях из осадка водорослей и микроорганизмов на глубинах до 300м при ограниченном присутствии кислорода, в минерализованной водной среде. Из этого осадка формируется исходное вещество горючих сланцев – кероген. Горючие слан-

геологічних системах фанерозою, але експлуатувалися на території СНД лише три родовища, розташовані в Прибалтійському басейні (верхній ордовик) Естонське і Ленінградське, а також у Волзьському басейні (верхня юра) Кашпирське. Є басейни палих сланців у Середній Азії, Закавказзі, Забайкаллі й в інших місцях. В Україні найбільш велике Болтишське родовище з запасами більш 3 млрд.т знаходиться в 50 км на північ від м.Кіровограда. Воно міститься у глибокій (до 600м) метеоритній воронці (діаметром до 25 км) у докембрійському фундаменті Українського щита. Верхня частина воронки заповнена осадами палеогену потужністю близько 400-500м з п'ятьма шарами палих сланців. Їх потужність 2,5-3,7м, склад гумусово-сапропелювий, теплота згоряння на сухе паливо складає 8,4-15,9 МДж/кг (2000-3000 ккал/кг), вихід смоли 10-18%, зольність 63-65%, вміст сірки 0,8-3,5%. Використовувати сланці можна як енергетичну сировину для ТЕС, а також для хіміко-технологічної переробки. В даний час і до 2010 м передбачена розвідка цього родовища з наступним його відпрацюванням кар'єрами.

Пальні сланці в Україні також знаходяться в Карпатах на захід від м.Івано-Франківська, і на півдні Хмельницької області та у Криму. Менілітові сланці олігоцену Карпат потужністю до 1500м із запасами до 500млрд.т поширені на площі 3000км<sup>2</sup> від кордону Польщі на півночі до Румунії на півдні, мають зольність 75-92% при низькому вмісті керогена (до 10-25%) і розглядаються як потенційна енергетична сировина майбутнього. Сланці названі так по породотворюючому мінералу - меніліту з групи напівопалів. Можуть бути використані в хімічній

ці зустрічаються во всіх геологічних системах фанерозою, но експлуатировались на территории СНГ всего три месторождения, расположенные в Прибалтийском бассейне верхнего ордовика (Эстонское и Ленинградское), а также в Волжском бассейне верхней юры (Кашпирское). Имеются бассейны горючих сланцев в Средней Азии, Закавказье, Забайкалье и в других местах. В Украине наиболее крупное Болтышское месторождение с запасами более 3 млрд.т находится в 50 км к северу от г.Кіровограда. Оно приурочено к глубокой (до 600м) метеоритной воронке (диаметром до 25 км) в докембрійском фундаменте Украинского щита. Верхняя часть воронки заполнена осадками палеогена мощностью около 400-500м с пятью пластами горючих сланцев, мощностью 2,5-3,7м гумусово-сапропелевого состава. Теплота сгорания горючих сланцев на сухое топливо составляет 8,4-15,9 МДж/кг (2000-3000 ккал/кг), выход смолы 10-18%, зольность 63-65%, содержание серы 0,8-3,5%. Использовать сланцы можно как энергетическое сырье для ТЭС, а также для химико-технологической переработки. В настоящее время и до 2010 г предусмотрена разведка этого месторождения с последующей его отработкой карьерами.

Горючие сланцы в Украине также имеются в Карпатах к западу от г.Івано-Франковска, а также на юге Хмельницкой области и в Крыму. Менилитовые сланцы олигодена Карпат мощностью до 1500м с запасами до 500млрд.т распространены на площади 3000км<sup>2</sup> от границ Польши на севере до Румынии на юге, имеют зольность 75-92% при низком содержании керогена (до 10-25%) и рассматриваются как потенциальное энергетическое сырье будущего. Сланцы названы так по породообразующему минералу-менилиту из группы полу-

промисловості і медицині (виробництво біопрепаратів).

Потенційні світові ресурси паливних сланців близько 650 трлн.т. З них до 450трлн.т знаходяться в США і містяться у формації Іст-Рівер у штатах Вайомінг, Колорадо, Юта. Великі запаси знаходяться в Бразилії, КНР (родовище Фушунь), а також у Канаді, країнах Європи та інших.

### 5.15. Торф

Торфом називаються осади болот і кінцевих стадій заростання озер, що містять більш 50% біохімічно перетвореного деревинно-листяного і трав'яного матеріалу. Він утворюється в умовах обводнювання при обмеженому доступі кисню під дією анаеробних бактерій при повільному розкладанні рослинних останків у результаті їхньої біохімічної гуміфікації. Торф'яні болота і, відповідно, торфи по способі водномінерального харчування підрозділяються на верхівкові (харчуються поверхневими водами) і низинні (харчуються підземними водами); по типі торфоутворюючого матеріалу – лісові, трав'янисті, мохові й ін. Залегає торф безпосередньо в болоті поблизу земної поверхні чи на невеликій глибині, перекритий іншими осадовими відкладеннями. Торфовища (торф'яні болота) виникають при заболочуванні суші на узбережжях річних озерних, морських і океанічних басейнів, а також усередині континентів. Торф є сучасним утворенням і виглядає як пухка, губчато-волокниста чи аморфна маса від світло-брунатного до чорного кольору. Вологість його в природному стані доходить до 85-90%, а дійсна щільність колива-

опалов. Могут быть использованы в химической промышленности и медицине (производство биопрепаратов).

Потенциальные мировые ресурсы горючих сланцев около 650 трлн.т. Из них до 450трлн.т находятся в США и приурочены к формации Ист-Ривер в штатах Вайоминг, Колорадо, Юта. Большие запасы имеются в Бразилии, КНР (месторождение Фушунь), а также в Канаде, странах Европы и других.

### 5.15. Торф

Торфом называются осадки болот и конечных стадий зарастания озер, содержащие более 50% биохимически преобразованного древесно-лиственного и травяного материала. Он образуется в условиях обводнения при ограниченном доступе кислорода под действием анаэробных бактерий при медленном разложении растительных останков в результате их биохимической гумификации. Торфяные болота и, соответственно, торфы по способу водномінерального питания подразделяются на верховые (питаются по поверхностными водами) и низинные (питаются подземными водами); по типу торфообразующего материала – лесные, травянистые, моховые и др. Залегає торф непосредственно в болоте вблизи земной поверхности или на небольшой глубине, перекрит другими осадочными отложениями. Торфяники (торфяные болота) возникают при заболачивании суши на побережьях различных озерных, морских и океанических бассейнов, а также внутри континентов. Торф, будучи современным образованием, выглядит как рыхлая, губчато-волокнистая или аморфная масса от светло-коричневого до черного цвета. Влажность торфа в естественном состоянии доходит до 85-90%, а

ється в межах 800-1080 кг/м<sup>3</sup>. Він має робочу теплоту згоряння 6 - 8 МДж/кг і містить до 18% мінеральних домішок. У ньому знаходиться до 17% бітумів, до 50% гумінових кислот і до 10% залишків целюлози і лігніну \*. Застосовується як паливо, добриво і хімічна сировина.

Родовища торфу досить поширені на земній кулі, переважно в зоні помірного вологого клімату. Загальна площа торфовищ близько 1760 тис. км<sup>2</sup>. Запаси близькі до 500 млрд. т. На території СНД сучасні торфовища розвинуті практично повсюдно. В Україні родовища торфу тягнуться до північно-західних районів. Площа родовищ близько 10 тис. км<sup>2</sup>. Запаси – 2,17 млрд. т. У країнах СНД запаси торфу розташовані в основному в Росії та Білорусі і складають близько 166 млрд. т. Зі світових виробників великими запасами володіють США, Китай, Канада, країни Прибалтики, Польща, Фінляндія, Швеція, Індонезія.

Використання торфу як палива для пиллоподібного спалювання постійно знижується. Усе більше значення торф здобуває як хімічна й агрохімічна сировина. Для цього використовують торф із вологістю не більш 23% і зольністю до 30%.

В умовах застійних озер і інших водойм на їхньому дні утворюється (іноді потужний, до 10 м) осад органічного мулу – сапропель. Він використовується як високоякісне органічне добриво. Найчастіше торф – сировина місцевого значення.

действительная плотность колеблется в пределах 800-1080 кг/м<sup>3</sup>. Он имеет рабочую теплоту сгорания 6 - 8 МДж/кг и содержит до 18% минеральных примесей. В нем находится до 17% битумов, до 50% гуминовых кислот и до 10% остаточных целлюлозы и лигнина \*. Применяется в качестве топлива, удобрений и химического сырья.

Месторождения торфа распространены на земном шаре достаточно широко, преимущественно в зоне умеренного влажного климата. Общая площадь торфяников около 1760 тыс. км<sup>2</sup>. Запасы близки к 500 млрд. т. На территории СНГ современные торфяники распространены практически повсеместно. В Украине месторождения торфа тяготеют к северо-западным районам. Площадь месторождений около 10 тыс. км<sup>2</sup>. Запасы – 2,17 млрд. т. В странах СНГ запасы торфа расположены в основном в России и Беларуси и составляют около 166 млрд. т. Из мировых производителей большими запасами обладают США, Китай, Канада, страны Прибалтики, Польша, Финляндия, Швеция, Индонезия.

Использование торфа как топлива для пылевидного сжигания постоянно снижается. Все большее значение торф приобретает как химическое и агрохимическое сырье. Для этого используют торф с влажностью не более 23% и зольностью до 30%.

В условиях застойных озер и других водоемов на их дне образуется (иногда мощный, до 10 м) осадок органического ила – сапропель. Он используется как высококачественное органическое удобрение. Как правило, торф – сырьё местного значения.

\* Органічні речовини, що цементують здерев'яніли тканини рослин

\* Органические вещества, цементирующие одревесневшие ткани растений

## 5.16. Нафта, газ, тверді бітуми

Родовища нафти, природного пального газу, а також твердих бітумів тісно пов'язані просторово і генетично. Основою нафти є вуглеводні (С-83-87% і Н<sub>2</sub>-12-14%), теплота згоряння яких складає від 43,7 до 46,2МДж/кг, що набагато більше ніж у робочому вугільному паливі (29,3МДж/кг). Природний палий газ складається в основному з метану СН<sub>4</sub> (до 90% обсягу) і теж має питому теплоту згоряння набагато більшу, ніж кам'яне вугілля. Нафта і газ є основними джерелами енергії в сучасному світі, складаючи в Росії, США, Західній Європі до 65-70% споживаних енергетичних ресурсів. Однак на відомі їхні загальні запаси у світі приходить лише 33% проти 67% вугілля. В Україні це співвідношення ще більше: на 95% вугілля приходить всього 4,6% нафти і газу, таким чином на перспективу до 2050 р. і далі значення кам'яного вугілля буде зростати.

*Нафта* – природна палина масляниста рідина, яка складається із суміші рідких і розчинених у ній газоподібних і твердих вуглеводнів, твердих бітумів та домішок невеликої кількості органічних кисневих, сірчистих, азотистих і металоорганічних з'єднань. До складу нафти входять вуглеводні метанового, нафтенного й ароматичного рядів. Природний палий газ складається з газоподібних вуглеводнів, таких, як метан, етан, пропан і бутан, іноді з домішкою легкокиплячих рідких вуглеводнів – пентану, гексану й ін. Тверді вуглеводні метанового ряду представлені озокеритом, нафтенного – асфальтом. Оскільки нафта і газ є складною сумішшю близьких по складу, але різних по розмірах і будо-

## 5.16. Нефть, газ, твердые битумы

Месторождения нефти, природного горючего газа, а также твердых битумов тесно связаны пространственно и генетически. Основой нефти являются углеводороды (С-83-87% и Н-12-14%), теплота сгорания которых составляет от 43,7 до 46,2МДж/кг, что намного больше таковой рабочего угольного топлива (29,3МДж/кг). Природный горючий газ состоит в основном из метана СН<sub>4</sub> (до 90% объема) и тоже имеет удельную теплоту сгорания намного большую, чем у каменного угля. Нефть и газ являются основными источниками энергии в современном мире, составляя в России, США, Западной Европе до 65-70% энергетических ресурсов. Однако на известные их общие запасы в мире приходится лишь 33% против 67% угля. В Украине это соотношение еще больше: на 95% угля приходится всего 4,6% нефти и газа, так что на перспективу до 2050 г и далее значение каменного угля будет возрастать.

*Нефть* – природная горючая маслянистая жидкость, состоящая из смеси жидких и растворенных в ней газообразных и твердых углеводородов, содержащая в растворенном состоянии твердые битумы, а также примесь небольшого количества органических кислородных, сернистых, азотистых и металлоорганических соединений. В состав нефти входят углеводороды метанового, нафтенного и ароматического рядов. Природный горючий газ состоит из газообразных углеводородов, таких, как метан, этан, пропан и бутан, иногда с примесью легкокипящих жидких углеводородов – пентана, гексана и др. Твердые углеводороды метанового ряда представлены озокеритом, нафтенного – асфальт. Поскольку нефть и газ являются сложной смесью близких по составу, но различных по размерам и строе-



ві молекул речовин, то властивості нафти і газу широко змінюються. Домішка сірки додає нафті чорний колір і різкий запах. По вмісту сірки нафта буває від малосірчаної ( $S < 0,5\%$ ) до високосірчаної ( $S > 1,5\%$ ). Сірка є шкідливою домішкою. По густині нафта буває від надлегкої (менш  $0,7 \text{ г/см}^3$ ) до важкої (більш  $1 \text{ г/см}^3$ ), в середньому має щільність від  $0,8$  до  $0,9 \text{ г/см}^3$ , тобто вона легше води і, спливаючи в ній, займає найбільш високі частини пасток. Наявність смол і парафінів погіршує якість нафти.

*Природний пальний газ* складається з “сухого” (метан) і “жирного газу”, що являє собою сполучення метану, етану, пропану й інших вуглеводнів. Якщо “сухий” газ згоряє без кіптяви цілком, то “жирний газ” залишає масляні плями і коптить.

До баластових домішок пальних газів відносяться азот, діоксид вуглецю і вода. Шкідливими домішками в газі вважаються сірководень  $\text{H}_2\text{S}$  (кількість якого може досягати  $20\%$  і більш), а також оксид вуглецю  $\text{CO}$ . Крім того, попутно може бути присутнім гелій і інші шляхетні гази.

Походження нафти й вуглеводневих газів розглядається з двох позицій: як походження власне вуглеводнів і як утворення їх покладів і родовищ. Гіпотези походження нафти й вуглеводневих газів підрозділяються на дві групи – неорганічного й органічного генезису.

По неорганічній гіпотезі Д.І.Менделєєв припускав, що вода, яка проникає по тріщинах у глибинні частини Землі, вступаючи в реакцію з карбідами металів ( $2\text{FeC} + 3\text{H}_2\text{O} > \text{Fe}_2\text{CO}_3 + \text{C}_2\text{H}_6$ ) давала початок газоподібним вуглеводням.

Магматогенно-вулканічні гіпотези зв'язують утворення газонафтових родо-

вину молекул речовин, то властивості нафти і газу широко змінюються. Примесь сери надає нафті чорний колір і різкий запах. По содержанию серы нефть бывает от малосернистой ( $S < 0,5\%$ ) до высокосернистой ( $S > 1,5\%$ ). Сера является вредной примесью. По плотности нефть бывает от сверхлегкой (менее  $0,7 \text{ г/см}^3$ ) до тяжелой (более  $1 \text{ г/см}^3$ ), обычно имеет плотность от  $0,8$  до  $0,9 \text{ г/см}^3$ , т.е. она легче воды и, всплывая в ней, занимает наиболее высокие части ловушек. Наличие смол и парафинов ухудшает качество нефти.

*Природный горючий газ* состоит из “сухого” (метан) и “жирного газа”, который представляет собой сочетание метана, этана, пропана и других углеводородов. Если “сухой” газ сгорает без копоти полностью, то “жирный газ” оставляет масляные пятна и коптит.

К балластным примесям горючих газов относятся азот, диоксид углерода и вода. Вредными примесями в газе считаются сероводород  $\text{H}_2\text{S}$  (количество которого может достигать  $20\%$  и более), а также оксид углерода  $\text{CO}$ . Кроме того, попутно может присутствовать гелий и другие благородные газы.

Происхождение нефти и углеводородных газов рассматривается с двух позиций: как происхождение собственно углеводородов и как образование их залежей и месторождений.

Гипотезы происхождения нефти и углеводородных газов подразделяются на две группы – неорганического и органического генезиса.

По неорганической гипотезе Д.И.Менделєєв предполагал, что вода, проникавшая по трещинам в глубинные части Земли и вступающая в реакцию с карбидами металлов ( $2\text{FeC} + 3\text{H}_2\text{O} > \text{Fe}_2\text{CO}_3 + \text{C}_2\text{H}_6$ ) давала начало газообразным углеводородам.

вищ з виділенням з магми газоподібних вуглеводнів.

Космічна гіпотеза В.Соколова спирається на факти наявності бітумів у метеоритах, вуглеводнів у хвостах комет, а також в атмосфері планет (Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун).

Найбільш поширена органічна гіпотеза, по якій вихідним матеріалом для газонафтових родовищ була органічна маса, похована в минулі геологічні епохи на дні водоймів під товщею неорганічних осадів, що її перекривають. По підрахунках ботаніків і біохіміків кількість вуглецю, синтезованого в планктоні і попадаючого в осад після його відмирання, обчислюється багатьма десятками мільярдів тон у рік. При зануренні опадів у результаті термобаричних процесів і діяльності анаеробних бактерій утворюють бітуми, тверді, рідкі і газоподібні вуглеводні. Утворена нафта і газ переміщуються з нафтоматеринських товщ у сприятливі по структурним і літологічним ознакам породи, формуючи газонафтові родовища. За даними Н.Б.Вассоевича й інших, просліджується вертикальна зональність утворення вуглеводнів в розрізі осадових порід. У зоні дії діагенезу відбувається утворення метану, що мігрує в атмосферу. У зоні катагенезу на глибині 3-5 км формуються нафта і газ. На глибинах 5-6км утворюються переважно газоконденсати і гази. Ще нижче до 10км утворюється тільки газ.

Нафта й вуглеводний газ здатні мігрувати з одних порід в інші, тому про час їхнього утворення важко гадати. Можна лише визначати вік товщ, що їх вміщують. Найбільш древні прояви нафти виявлені в синійських породах Сибіру. Вони відомі в кембрійських, ордовікських і силурійських опадах. Але

Магматогенно-вулканіческие гіпотезы связывают образование газонефтяных месторождений с выделением из магмы газообразных углеводородов.

Космическая гипотеза В.Соколова обосновывается фактами нахождения битумов в метеоритах и наличием углеводородов в хвостах комет, а также в атмосфере планет (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун).

Наиболее распространена органическая гипотеза, по которой исходным материалом для газонефтяных месторождений являлась органическая масса, захороненная в прошлые геологические эпохи на дне водоемов под толщей перекрывающих их неорганических осадков. По подсчетам ботаников и биохимиков количество углерода, синтезируемого в водорослях и доставляемого в осадок по мере их отмирания, исчисляется многими десятками миллиардов тонн в год. При погружении осадков в результате термобарических процессов и деятельности анаэробных бактерий образуются битумы, твердые, жидкие и газообразные углеводороды. Образующиеся нефти и газ перемещаются из нефтематеринских толщ в благоприятные по структурным и литологическим признакам породы, формируя газонефтяные месторождения. По данным Н.Б.Вассоевича и других, прослеживается вертикальная зональность образования нефти в разрезе осадочных пород. В зоне действия диагенеза происходит образование метана, мигрирующего в атмосферу. В зоне катагенеза на глубине 3-5 км формируются нефть и газ. На глубинах 5-6км образуются газоконденсаты и газы. Еще ниже до 10км образуется только газ.

Нефть и углеводородный газ способны мигрировать из одних пород в другие, поэтому о времени их образования часто судить трудно. Можно лишь определять возраст вмещающих их толщ. Наиболее древ-

найбільш значні і широко розповсюджені родовища пального газу і нафти починають зустрічатися у зростаючій кількості, починаючи з відкладень девону до палеоген-неогенового віку включно.

Нафта і газ практично на 99% усюди розміщуються в осадових породах, що мають межзернові і тріщанні порожнини. Такі породи зветься *колекторами*. Їхня пористість може варіювати від 8% (пісковики) до 30% (піски). Колектори перекриваються непроникиними породами – флюїдоупорами чи “покришками”. Ними служать глини, мергелі й інші породи, позбавлені тріщин і межзернових каналів. Особливо гарними ізолюючими властивостями володіє кам'яна сіль. Проникність колекторів вимірюється в  $\text{мкм}^2$  і коливається в межах від тисячних частин  $\text{мкм}^2$  (слабо проникливі породи) до 1 і більше  $\text{мкм}^2$  (дуже гарно проникливі породи)

Оскільки нафта і газ практично не змішуються з водою (гідрофобні), вони утворюють відособлені скупчення – поклади, сформовані в “пастках”.

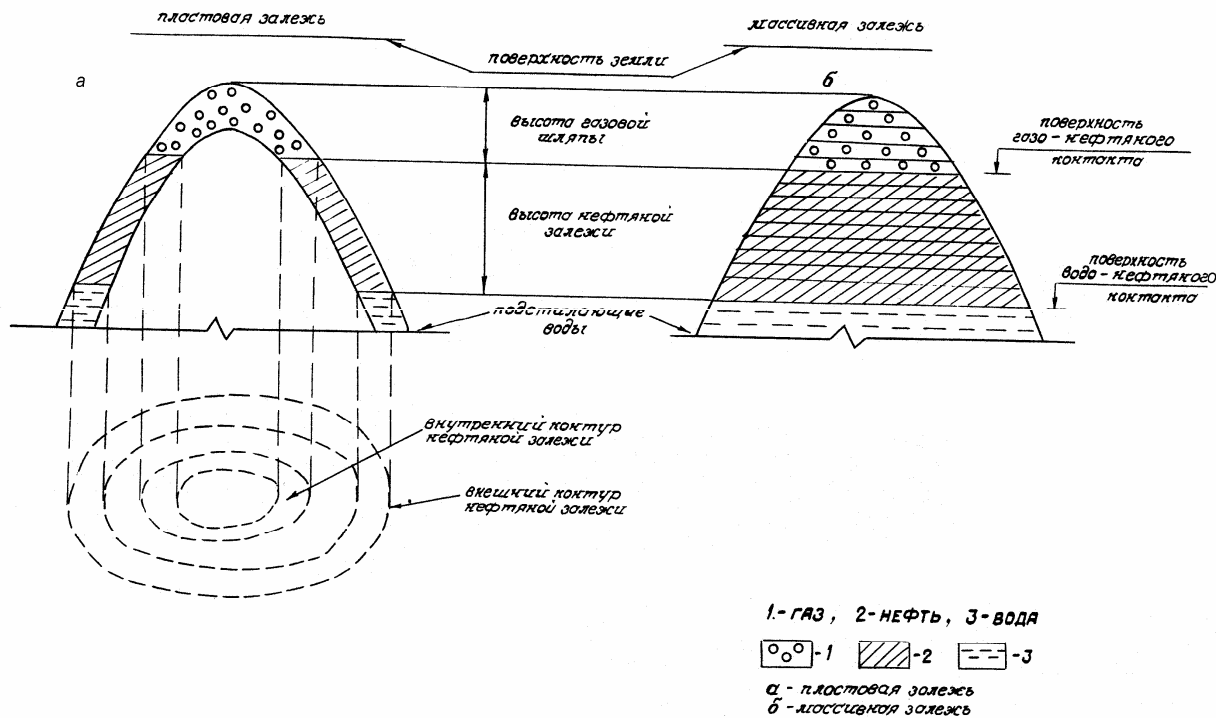
Нафтові і газові поклади характеризуються гідродинамічними зв'язками окремих частин. Це означає, що зміна тиску в одній ділянці покладу викликає зміну тиску у всьому її обсязі. Оскільки нафта і газ легше води, вони займають підняті частини породи-колектора. Роздел між нафтою (газом) і водою зветься *водо-нафтовими (газоводяним) контактом* (ВНК чи ГВК). Найбільше часто зустрічаються поклади в присклепневих частинах антиклинальних складок (мал. 5.21).

ние проявления нефти обнаружены в синийских породах Сибири. Они известны в кембрийских, ордовикских и силурийских осадках. Но наиболее значительные и широко распространенные месторождения горючего газа и нефти начинают встречаться во все возрастающем количестве, начиная с отложений девона до палеоген-неогенового возраста включительно.

Нефть и газ практически на 99% повсюду размещаются в осадочных породах, имеющих межзерновое и трещинное полостное пространство. Такие породы называются *колекторами*. Их пористость может варьировать от 8% (песчаники) до 30% (пески). Коллекторы перекрываются непроницаемыми породами – флюидоупорами или “покрышками”. Ими служат глины, мергели и другие породы, лишённые трещин и межзерновых каналов. Особенно хорошими изолирующими свойствами обладает каменная соль. Проницаемость коллекторов измеряется в квадратных  $\text{мкм}^2$  и колеблется в пределах от тысячных долей  $\text{мкм}^2$  (слабопроницаемые породы) до 1 и более (очень хорошо проницаемые породы).

Поскольку нефть и газ практически не смешиваются с водой (гидрофобны), они образуют обособленные скопления – залежи, заключенные в “ловушках”.

Нефтяные и газовые залежи характеризуются гидродинамической сообщаемостью отдельных частей. Это означает, что изменение давления в одном участке залежи вызовет изменение давления во всем её объеме. Поскольку нефть и газ легче воды, они занимают приподнятые части породы-колектора. Раздел между нефтью (газом) и водой называется *водо-нефтяным (газоводяным) контактом* (ВНК или ГВК). Наиболее часто встречаются залежи в присводовых частях антиклинальных складок (рис 5.21).



Мал.5.21. Параметри основних типів нафтових покладів.  
 Рис. 5.21. Параметры и основные типы нефтяных залежей.

Крім пластових і масивних покладів зустрічаються поклади, обмежені чи екрановані розривом, поклади стратиграфічно, фаціально чи літологічно або гідродинамічно екрановані (за рахунок швидкості руху водонафтових потоків у породах різної проникності – нафта віджимается в грубозернисті породи).

*Нафтове (газове) родовище* – сукупність покладів, контрольована єдиною структурною формою (антиклинальною складкою, соляним діапиром, похованим рифтом та ін.). Нерідко родовище складене з одного покладу. Відомі також родовища, що включають десятки покладів. Іноді в межах одного родовища поклади охоплюють величезний стратиграфічний інтервал, наприклад – від девону до триасу (Волго-Уральська область). В інших родовищах розріз в інтервалі 3,5-4 тис.м складений породами одного віку вміщує десятки покладів різної форми і різного

Кроме пластовых и массивных залежей встречаются залежи, ограниченные или экранированные разрывом, залежи стратиграфически, фациально или литологически экранированные, и гидродинамически экранированные (за счет скорости движения нефтеводяных потоков в породах разной проницаемости – нефть отжимается в крупнозернистые породы).

*Нефтяное (газовое) месторождение* – совокупность залежей, контролируемая единой структурной формой (антиклинальной складкой, соляным диапиром, погребенным рифтом и др.). Нередко месторождение состоит из одной залежи. Известны также месторождения, включающие десятки залежей. Иногда в пределах одного месторождения залежи охватывают огромный стратиграфический интервал, например – от девона до триаса (Волго-Уральская область). В других месторождениях разрез в интервале 3,5-4 тыс.м сложен породами од-

складу (нафтові, газоконденсатні й інші) - Баку.

До основних нафтогазоносних областей України відносяться найстарша Предкарпатська, Дніпровсько-Донецька і відкрита порівняно недавно Азово-Чорноморська, що є західною частиною Кримсько-Кавказської провінції.

#### 5.16.1. Основні нафтові і газові родовища України і Росії

##### 5.16.1.1 Предкарпатская газо-нафтова область

Предкарпатская газо-нафтова область охоплює площу 20,8 тис. км<sup>2</sup> у межах Львівської, Івано-Франківської і Чернівецької адміністративних областей. У структурному плані вона пов'язана з Предкарпатським крайовим прогином Східно-Європейської платформи, що підрозділяється на дві зони (мал.5.24) – внутрішню, поблизу Карпатського мегаантиклінорія, і зовнішню, стосовну до Східно-Європейської платформи.

Регіонально газо- і нафтогазоносність приурочена до палеогенових і верхньокрейдових порід (продуктивний горизонт належить до пісковиків свити менилітових сланців). Регіональною покривкою є глинисті і соленосні відкладення неогену. Для внутрішньої зони характерні пластові і масивні сводові, літологічно і тектонічно екрановані поклади, приурочені до антиклінальних складок, які перекинуті і насунуті у північно-східному напрямку, на Предкарпатський прогин - “зовнішню зону”.

ного візроста и вмещает десятки залежей разной формы и разного состава (нефтяные, газоконденсатные и другие) - Баку.

К основным нефтегазоносным областям Украины относятся старейшая Предкарпатская, Днепровско-Донецкая и открытая сравнительно недавно Азово-Черноморская, являющаяся западной частью Крымско-Кавказской провинции.

#### 5.16.1. Основные нефтяные и газовые месторождения Украины и России

##### 5.16.1.1 Предкарпатская газо-нефтяная область

Предкарпатская газо-нефтяная область охватывает площадь 20,8 тис. км<sup>2</sup> в пределах Львовской, Ивано-Франковской и Черновицкой административных областей. В структурном плане она приурочена к Предкарпатскому краевому прогибу Восточно-Европейской платформы, подразделяющемуся на две зоны (рис.5.24) – внутреннюю, вблизи Карпатского мегаантиклинория, и внешнюю, относящуюся к Восточно-Европейской платформе.

Регіонально газо- и нефтегазоносність приурочені к палеогеновим и верхнемеловым породам (продуктивний горизонт приурочен к песчаникам свиты менилитовых сланцев). Регіональною покривкою являються глинистіє и соленосніє отложения неогена. Для внутрєнной зони характерніє пластовіє и массивніє сводовіє, литологическє и тектоническє экранированніє залежє, приуроченніє к антиклинальнєм складкам, опрокинутым и надвинутым в северо-восточном направлении, на Предкарпатский прогиб - “внешнюю зону”.



Відкладення зовнішньої зони представлені тортон-сарматськими (міоцен) молассами потужністю до 4км, що залягають на теригенно-карбонатних відкладеннях мезозою потужністю до 1км. Нафто- і газоносність пов'язані з карбонатними верхнеюрськими і теригенними верхнекрейдовими і міоценовими відкладеннями. Регіональною покрішкою служать міоценові глини і мергелі. За звичай, поклади приурочені до брахіантиклінальних складок. Газ на 93-99% складається з метану. Найбільш відомі родовища – Бориславське, Волинське, Битковське, Вільче-Волинське, Дашавське та ін.

#### 5.16.1.2 Дніпровсько-Донецька газонафтова область

Дніпровсько-Донецька газонафтова область є центральною частиною Прип'ятско-Дніпровської газонафтової провінції. Вона приурочена до Поліської (Беларусь) і Придніпровської (Україна) низин. Її загальна площа близько 100 тис.км<sup>2</sup>. У структурному плані область контролюється Прип'ятсько-Донецьким грабенем, що є центральною частиною схованого нафтогазозносного Євразійського планетарного поясу, пов'язаного з лініаментом Карпинського.

Загальна потужність осадової товщі досягає в осевій частині 16-18 км. Девонські відкладення (найвірогідніше найбільш древні) представлені соленосно-теригенними і соленосно-карбонатними товщами, карбонові – вугленосно-карбонатними, пермські – червонокольорово-теригенними і галогенними. Мезокайнозойський розріз утворюють теригенно-карбонатні породи. Нафто- і газоносність приурочена до палеозойських відкладень і охоплює інтервал глибин від 0,4 до 6 км. Нафти легкі, малосмолисті,

Отложения внешней зоны представлены тортон-сарматскими (миоцен) молассами мощностью до 4км, залегающими на терригенно-карбонатных отложениях мезозоя мощностью до 1км. Нефте- и газоносность связана с карбонатными верхнеюрскими и терригенными верхне-меловыми и миоценовыми отложениями. Региональной покрішкой служат миоценовые глины и мергели. Как правило, залежи приурочены к брахиантиклинальным складкам. Газ на 93-99% состоит из метана. Наиболее известны месторождения – Бориславское, Долинское, Битковское, Вильче-Волицкое, Дашавское и др.

#### 5.16.1.2 Днепровско-Донецкая газонефтяная область

Днепровско-Донецкая газонефтяная область является центральной частью Прип'ятско-Днепровской газонефтеносной провинции. Она приурочена к Полесской (Беларусь) и Приднепровской (Украина) низменностям, её общая площадь около 100тыс.км<sup>2</sup>. В структурном плане она контролируется Прип'ятско-Донецким грабеном, являющимся центральной частью скрытого нефтегазозносного Евразийского планетарного пояса, приуроченного к лінеаменту Карпинского.

Общая мощность осадочной толщи достигает в осевой части 16-18 км. Девонские отложения (предположительно самые древние) представлены соленосно-терригенными и соленосно-карбонатными толщами, карбоновые – угленосно-карбонатными, пермские – красноцветно-терригенными и галогенными. Мезокайнозойский разрез образуют терригенно-карбонатные породы. Нефте- и газоносность приурочена к палеозойским отложениям и охватывает интервал глубин от 0,4 до 6 км. Нефти легкие, малосмолистые,





### 5.16.1.3 Азово-Чорноморська нафтогазоносна область

Азово-Чорноморська нафтогазоносна область має прогнозні запаси близько 1трл.м<sup>3</sup> газу і розташована на шельфі Чорного й Азовського морів. Найближчим часом намічений видобуток 6-7млрд.м<sup>3</sup> газу в рік на Східно-Казантипському, Північно-Булганакському і Північно-Керченському родовищах, що не тільки цілком забезпечить потреби Кримського півострова, але і дозволить продавати газ на материк або використовувати його для виробництва електроенергії.

### 5.16.1.4 Основні нафтогазоносні області Росії

У межах Росії виділяється декілька газо- і нафтоносних областей. Найбільші з них приурочені до платформних структур і схилів: Волго-Уральська, Західно-Сибірська, Східно-Сибірська, Північно-Кавказька й ін. Великі перспективи нафтогазоносності очікуються в області шельфу північних морів. Як приклад розглянемо характеристику Західно-Сибірської нафтогазоносною області. Вона розташована в межах Західно-Сибірської платформи і займає площу близько 2,2млн.км<sup>2</sup>. Нафтогазоносність пов'язана з товщами юрського, нижньокрейдового (неоком) та верхньокрейдового (сеноман) віку. Відповідно виділяються три нафтогазоносних комплекси, розділених регіональними покришками. Їхня глибина залягання відповідає інтервалу – 0,4-4км. Поклади пластово-сводові, розташовані у прогинах і западинах, ускладнених локальними підняттями висотою в сотні метрів. Розміри структур від 2х3км до 30х50км. Нафта середньої густини, малосірчата, малосмолиста і малопарафініста. Вільні гази сухі, з

### 5.16.1.3 Азово-Черноморская нефтегазоносная область

Азово-Черноморская нефтегазоносная область имеет прогнозные запасы около 1трл.м<sup>3</sup> газа и расположена на шельфе Черного и Азовского морей. В ближайшее время намечена добыча 6-7млрд.м<sup>3</sup> газа в год на Восточно-Казантипском, Северо-Булганакском и Северо-Керченском месторождениях, что не только полностью обеспечит потребности Крымского полуострова, но и позволит продавать газ на материк или использовать его для производства электроэнергии.

### 5.16.1.4 Основные нефтегазоносные области России

В пределах России выделяется несколько газо- и нефтеносных областей. Крупнейшие из них приурочены к платформенным структурам и склонам: Волго-Уральская, Западно-Сибирская, Восточно-Сибирская, Северо-Кавказская и др. Большие перспективы нефтегазоносности имеются в области шельфа северных морей. В качестве примера рассмотрим характеристику Западно-Сибирской нефтегазоносной области. Она расположена в пределах Западно-Сибирской платформы и занимает площадь около 2,2 млн.км<sup>2</sup>. Нефтегазоносность приурочена к толщам юрского, нижнемелового (неоком) и верхнемелового (сеноман) возраста. Соответственно выделяются три нефтегазоносных комплекса, разделенных региональными покровками. Их глубина залегания соответствует интервалу – 0,4-4км. Залежи пластово-сводовые, приуроченные к прогибам и впадинам, осложненные локальными поднятиями высотой в сотни метров. Размеры структур от 2х3км до 30-50км. Нефть средней плотности, малосмолистая и малопарафи-

низьким змістом вуглецю й азоту. Зміст конденсату до  $800\text{см}^3/\text{м}^3$ , у середньому –  $150\text{см}^3/\text{м}^3$ .

Найбільш великі нафтові родовища – Самотлорське, Мамонтовське, Федорівське, Вар'єванське, Усть-Баликське, Муравленківське. Газові родовища зосереджені у північній частині області – Уренгойське, Ямбурзьке, Заполярне, Ведмеже, Харасавейське. З восьмисот усього відомих розвідано більш 400 нафтогазових родовищ, а експлуатується біля ста.

Промислові скупчення нафти і газу відомі на всіх континентах крім Антарктиди, де пошуки нафти і газу ще не проводили. Родовища поширені по всьому розрізі від верхнього протерозою до антропогену включно. Однак при великій поширеності проявів нафти і природного газу багаті родовища розподілені як на земній кулі в цілому, так і по окремих континентах, басейнах, і у розповсюдженні вкрай нерівномірно. Дані про розподіл світових запасів нафти (у %) приведені в табл.5.15.

У світі відомо близько 50 тисяч нафтових і газових родовищ, однак запаси їх дуже різні. З 30 тисяч нафтових родовищ тільки близько 140 найбільших родовищ (менш 0,5% загального числа) містять дві третини запасів. Тому основну роль у розвитку видобутку грають великі родовища.

В останні 25 років швидко розвивається видобуток нафти– на континентальному шельфі морів і океанів. Тут вже добувається третина всієї нафти. Розвідуються і розробляються родовища скрізь товщу води до 1000 метрів і при глибині свердловин до 5-6 тис.м нижче дна морів та океанів.

нистая. Свободные газы сухие, с низким содержанием углерода и азота. Содержание конденсата до  $800\text{см}^3/\text{м}^3$ , в среднем –  $150\text{см}^3/\text{м}^3$ .

Наиболее крупные нефтяные месторождения – Самотлорское, Мамонтовское, Федоровское, Варьеванское, Усть-Балыкское, Муравленковское. Газовые месторождения приурочены к северной части области – Уренгойское, Ямбургское, Заполярное, Медвежье, Харасавейское. Из восьмисот всего известных разведано более 400 нефтегазовых месторождений, а эксплуатируется около ста.

Промышленные скопления нефти и газа известны на всех континентах кроме Антарктиды, где поиски нефти и газа еще не проводили. Месторождения распространены по всему разрезу от верхнего протерозоя до антропогена включительно. Однако при кажущейся повсеместности проявлений нефти и природного газа богатые месторождения распределены на земном шаре как по отдельным континентам и бассейнам, так и по разрезу в целом крайне неравномерно. Данные о распределении мировых запасов нефти (в %) приведены в табл.5.15.

В мире известно около 50 тысяч нефтяных и газовых месторождений, однако запасы их весьма различны. Из 30 тысяч нефтяных месторождений только около 140 крупнейших месторождений (менее 0,5% общего числа) содержат две трети запасов. Поэтому основную роль в развитии добычи играют крупные месторождения.

В последние 25 лет быстро развиваются добыча нефти– на континентальном шельфе морей и океанов. Здесь уже добывается треть всей нефти. Разведываются и разрабатываются месторождения сквозь толщу воды до 1000 метров и при глубине скважин до 5-6 тыс.м ниже дна морей и океанов.

Таблица 5.15

Розподіл світових запасів нафти по континентах (у %)

	Нафта	Газ
Європа (в основному Північне море)	4	10,7
Азія	69	54
в т.ч. регіон Персидської затоки	64	45,5
Африка	10	9,8
Америка	16	25,1

Таблица 5.15

Распределение мировых запасов нефти по континентам (в %)

	Нефть	Газ
Европа (в основном Северное море)	4	10,7
Азия	69	54
в т.ч. регион Персидского залива	64	45,5
Африка	10	9,8
Америка	16	25,1

## 5.17. Тверді бітуми.

*Тверді бітуми* об'єднують велику групу твердих вуглеводнів – природних продуктів метаморфізму перетворення і руйнування нафти. Усі вони горять. У твердих бітумах переважають смоли, асфальтени, високомолекулярні вуглеводні й інші з'єднання, у тому числі утримуючі сірку, кисень, азот. Елементний склад твердих бітумів наступний (у %): С - 70-98; Н - 1-14; О<sub>2</sub> - 0,3-10; S - 0,2-10; N - 0,1-3. Найменш змінені тверді бітуми (з відносно низьким вмістом вуглецю) легко розчиняються в органічних розчинниках.

Серед природних бітумів найбільш поширені дві групи: 1)асфальт і продукти його подальшої зміни; 2)озокерит і продукти його окислювання на поверхні – хорсани. Асфальт складається в основному з високомолекулярних смол і асфальтени.

## 5.17. Твердые битумы

Твердые битумы объединяют обширную группу твердых углеводородов – естественных продуктов метаморфизма преобразования и разрушения нефти. Все они горят. В твердых битумах преобладают смолы, асфальтены, высокомолекулярные углеводороды и другие соединения, в том числе содержащие серу, кислород, азот. Элементный состав твердых битумов следующий (в %): С–70-98; Н–1-14; О–0,3-10; S–0,2-10; N–0,1-3. Наименее измененные твердые битумы (с относительно низким содержанием углерода) легко растворяются в органических растворителях.

Среди природных битумов наиболее распространены две группы: 1)асфальт и продукты его дальнейшего изменения; 2)озокерит и продукты его окисления на поверхности – хорсаны. Асфальт состоит в

льтенів і в процесі подальшого обуглювання (втрати водню і гетероелементів) перетворюється в антраксоліт (98% вуглецю) – крижку тендітну речовину. Озокерит складається в основному з високомолекулярних парафінів і практично майже повністю розчиняється у бензині.

Тверді бітуми утворюють два типи покладів – жильні і пластові. Жильні поклади утворилися в процесі заповнення тріщин, по яких мігрували нафта озокерит і асфальт. Пластові поклади – шари, поровий простір яких заповнений бітумом, утвореним у результаті відходу з нафти її легких фракцій.

Поклади твердих бітумів містять запаси від десятків чи сотень тонн до багатьох мільярдів тонн. У СНД найбільш великі запаси бітумів відомі на схилах Анабарського й Оленьокського масивів. Родовища менших розмірів відомі на Заході України, Середньому Поволжі, у Татарії, Західній Туркменії, Ферганській западині й в інших регіонах. За кордонами СНД найбільші родовища знаходяться на схилі Канадського щита (родовище Атабаска з запасами 100-160млрд.т) і в басейні р.Оріноко (у Венесуелі). Характерне родовище на острові Тринідад, де навколо нафтового озера утворений покрив мальти (м'якого воску), що переходить до периферії у твердий асфальтит. Діаметр покриву 600 м, потужність – більш 40м.

Природні бітуми використовуються при будівництві доріг (асфальтове покриття). На найбільш великих родовищах ведеться розробка для одержання рідкого палива. Однак поки роль бітумів у промисловості незначна, хоча в ряді країн ведеться розробка методів їх переробки і використання.

У твердих бітумах і високов'язких

основном из высокомолекулярных смол и асфальтенов и в процессе дальнейшего обуглероживания (потери водорода и гетероэлементов) превращается в антраксолит (98% углерода) – твердое хрупкое вещество. Озокерит состоит в основном из высокомолекулярных парафинов и практически нацело растворим в бензине.

Твердые битумы образуют два типа залежей – жильные и пластовые. Жильные залежи образовались в процессе заполнения трещин, по которым мигрировала нефть, озокеритом и асфальтом. Пластовые залежи – пласты, поровое пространство которых занято битумом, образованным в результате ухода из нефти её легких фракций.

Залежи твердых битумов содержат запасы от десятков или сотен тонн до многих миллиардов тонн. В СНГ наиболее крупные запасы битумов известны на склонах Анабарского и Оленекского массивов. Месторождения меньших размеров известны на Западе Украины, Среднем Поволжье, в Татарии, Западной Туркмении, Ферганской впадине и в других регионах. За рубежом крупнейшие месторождения находятся на склоне Канадского щита (месторождение Атабаска с запасами 100-160млрд.т) и месторождение в бассейне р.Ориноко (в Венесуэле). Характерно месторождение на острове Тринидад, где вокруг нефтяного озера образован покров мальты (мягкого воска), переходящей к периферии в твердый асфальтит. Диаметр покрова 600 м, мощность – более 40 м.

Природные битумы используются при строительстве дорог (асфальтовое покрытие). На наиболее крупных месторождениях ведётся их разработка для получения жидкого топлива. Однако пока роль битумов в промышленности незначительна, хотя в ряде стран ведётся разработка методов

нафтах, а також у твердих залишках її переробки містяться у високих концентраціях ванадій, нікель і інші метали, що можуть у майбутньому розглядатися як об'єкт видобутку.

#### 5.18. Газогидратні родовища

Новим видом газового палива є скупчення гідратів метану в океанах, морях і на суші. Точний розподіл покладів газогідратних промислових скупчень дотепер не встановлено. Це зв'язано з тим, що фізичні властивості океанічних гідратів метану вивчені недостатньо, як і їхній генезис. По загальній думці, значна їх частина має біогенне походження. Метан накопичується в морях і океанах зі швидкістю 10 кілотон у рік. Гідрат метану входить у молекулярну структуру води, у пропорції 1:5,75. При розкладанні однієї одиниці об'єму гідрату метану утвориться 150 одиниць метану і 0,85 одиниць легкої (“живої”) води. Родовища гідратів метану зустрічаються у виді розсіяних зернин чи тонких шарів потужністю від 5 до 105см. Джерелом утворення гідратів метану є біогенний, так називаний “вільний”, газ покладів, що знаходяться під ним. Ще одним джерелом можуть бути розпечені гази вулканічного походження, що знаходяться на великій, глибині. Поклади гідратів метану і супутнього їм “вільного газу” утворюються у відкладеннях морського дна до глибини 1,5км. При цьому найбільш перспективні для промислової розробки глибини 200-800м нижче рівня морського дна. В Україні Чорне море багате газогідратними родовищами (65-70трл.м<sup>3</sup>), а в районі глибоководної Кримської частини моря приблизні запа-

их переробки и использования.

В твердых битумах и высоковязких нефтях, а также в твердых остатках переработки содержатся в высоких концентрациях ванадий, никель и другие металлы, которые могут в будущем рассматриваться как объект добычи.

#### 5.18. Газогидратные месторождения

Новым видом газового топлива являются скопления гидратов метана в океанах, морях и на суше. Точное распределение залежей газогидратных промышленных скоплений до сих пор не установлено. Это связано с тем, что физические свойства океанических гидратов метана изучены недостаточно, как и их генезис. По общему мнению, значительная его часть имеет биогенное происхождение. Метан накапливается в морях и океанах со скоростью 10 кило тонн в год. Гидрат метана входит в молекулярную структуру воды, в пропорции 1:5,75. При разложении одной единицы объема гидрата метана образуется 150 единиц метана и 0,85 единиц легкой (“живой”) воды. Месторождения гидратов метана встречаются в виде рассеянных крупинок или тонких пластов мощностью от 5 до 105см. Источником образования гидратов метана является биогенный, так называемый “свободный”, газ находящийся под ним залежей. Еще одним источником могут быть находящиеся на большой глубине раскаленные газы вулканического происхождения. Залежи гидратов метана и сопутствующего им “свободного газа” образуются в отложениях морского дна до глубины 1,5км. При этом наиболее перспективны для промышленной разработки глубины 200-800м ниже уровня морского дна. В Украине Черное море богато газогидратными месторождениями (65-70трл.м<sup>3</sup>), а в

си газогідратних родовищ складають більш 20трл.м<sup>3</sup>.

В усьому світі до морських газогідратних покладів прикута величезна увага – адже це нове, ще недоторкане нетрадиційне енергетичне джерело. Ресурси метану в ньому оцінюються до 85% від усіх світових ресурсів природного газу. У колишньому СРСР газогідрати були отримані лабораторним шляхом. У районах багаторічної мерзлоти в Росії (Зирянівський, Аркагалінський басейни та ін.) газогідрати встановлені у вугільних шарах у замерзлих кристалах.

Особливо великі роботи по дослідженням цього напрямку проводять у США і Японії. На шельфі Японії виявлені газогідратні родовища з запасами в 130 разів більше щорічно споживаного цієї країною газу. Однак у даний час це джерело енергії усе ще залишається проблемним.

#### *Контрольні питання до глави V*

1. Горючі корисні копалини і їх роль в промисловості і побуті.
2. Особливості паливно-енергетичного балансу України.
3. Коротка характеристика твердих горючих копалин.
4. Основні інгредієнти вугілля і їх елементний склад.
5. Фізичні властивості вугілля.
6. Вологість і зольність вугілля, їх визначення.
7. Летючі речовини і сірчистість вугілля.
8. Теплота згоряння вугілля, її визначення.
9. Промислова класифікація вугілля за розмірами.

районе глубоководной Крымской части моря ориентировочные запасы газогидратных месторождений составляют более 20трл.м<sup>3</sup>.

Во всем мире к морским газогидратным залежам приковано огромное внимание – ведь это новый, еще нетронутый нетрадиционный энергетический источник. Ресурсы метана в них оцениваются до 85% от всех мировых ресурсов природного газа. В бывшем СССР газогидраты были получены экспериментальным путем. В районах многолетней мерзлоты в России (Зырянковский, Аркагалинский бассейны и др.) газогидраты установлены в угольных пластах в замерзших кристалах.

Особенно большие работы в этом направлении проводят США и Япония. На шельфе Японии выявлены газогидратные месторождения с запасами в 130 раз больше ежегодно потребляемого этой страной газа. Однако в настоящее время этот источник энергии все еще остается проблемным.

#### *Контрольные вопросы к главе V*

1. Горючие полезные ископаемые и их роль в промышленности и быту.
2. Особенности топливно-энергетического баланса Украины.
3. Краткая характеристика твердых горючих ископаемых.
4. Основные ингредиенты углей и их элементный состав.
5. Физические свойства углей.
6. Влажность и зольность углей, их определение.
7. Летучие вещества и сернистость углей.
8. Теплота сгорания углей, её определение.
9. Промышленная классификация углей по крупности.

10. Класифікація ДСТУ 3472-96 бурого, кам'яного вугілля і антрацитів.
  11. Збагаченість вугілля і їх коксування.
  12. Що таке вугільні родовища і басейни?
  13. Форми залягання викопного вугілля.
  14. Класифікація вугілля по його використанню.
  15. Що таке вугленосна формація і умови її формування.
  16. Зміна вугленосних формацій.
- Приклади.
17. Угрупування вугленосних басейнів.
  18. Дніпровський буровугільний басейн.
  19. Родовища бурого вугілля ДДЗ.
  20. Геологія і вугленосність Кансько-Ачинського басейну.
  21. Стратиграфія і вугленосність Донбасу.
  22. Тектоніка і фази складчастості в Донбасі.
  23. Кузнецький басейн.
  24. Львівсько-Волинський басейн і його вугленосність.
  25. Горючі сланці і їх головні родовища.
  26. Умови утворення торфу, приклади родовищ.
  27. Загальна характеристика нафти і газу.
  28. Основні властивості і склад нафти і газу.
  29. Нафтогазоносні басейни України.
  30. Головні нафтогазоносні басейни Росії і світу.
  31. Тверді бітуми і їх практичне використання.
  32. Газогідратні родовища і їх значення.
  33. Метан у вугільних родовищах і його використання.
  34. Проблема метану в Донбасі.

10. Классификация ДСТУ 3472-96 бурых, каменных углей и антрацитов.
  11. Обогащенность углей и их коксование.
  12. Что такое угольные месторождения и бассейны?
  13. Формы залегания ископаемых углей.
  14. Классификация углей по их использованию.
  15. Что такое угленосная формация и условия её формирования.
  16. Изменение угленосных формаций.
- Примеры.
17. Группировка угленосных бассейнов.
  18. Днепровский буроголовый бассейн.
  19. Месторождения бурых углей ДДВ.
  20. Геология и угленосность Канско-Ачинского бассейна.
  21. Стратиграфия и угленосность Донбасса.
  22. Тектоника и фазы складчатости в Донбассе.
  23. Кузнецкий бассейн.
  24. Львовско-Волынский бассейн и его угленосность.
  25. Горючие сланцы и их главные месторождения.
  26. Условия образования торфа, примеры месторождений.
  27. Общая характеристика нефти и газа.
  28. Основные свойства и состав нефти и газа.
  29. Нефтегазоносные бассейны Украины.
  30. Главные нефтегазоносные бассейны России и мира.
  31. Твердые битумы и их практическое использование.
  32. Газогидратные месторождения и их значение.
  33. Метан в угольных месторождениях и его использование.
  34. Проблема метана в Донбассе.

## ГЛАВА VI

### ТЕХНОГЕННІ ТА ІНШІ РОДОВИЩА НЕТРАДИЦІЙНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ

## ГЛАВА VI

### ТЕХНОГЕННЫЕ И ИНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Господарська діяльність людини призводить до накопичення на денній поверхні величезних відвалів гірських порід і відходів металургійних, хімічних заводів, вуглебагачувальних фабрик, енергетичних підприємств та інших виробництв. У ці відвали й відходи в ряді випадків потрапляє значна кількість корисних компонентів. В міру розвитку технологій мінеральної сировини, зміни економічних і екологічних умов виникає необхідність використання відвалів здобутку і переробки сировини. Такі утворення варто розглядати як техногенні родовища. В міру розвитку науки і техніки роль техногенних родовищ усе більше зростає. Людина може з великою вигодою використовувати ці родовища, застосовуючи різноманітні методи впливу на відходи промисловості: бактеріологічний, хімічний, фізичний та інші.

У розвинутих індустріальних країнах світу рівень використання промислових відходів досягає 70-80%, тоді як в Україні він не перевищує 10-12%. У США, наприклад, із промислових відходів одержують 20% всього алюмінію, 33% заліза, 50% свинцю і цинку, 44% міді і т.д. Тому для нашої країни, що здобувала 5% усієї мінеральної продукції світу й має потужним гірничопромисловим потенціалом, проблема утилізації промислових відходів має першорядне значення. На території України внаслідок діяльності 500 промислових підприємств тільки твердих відходів накопичено біля 25млр.т. Ці відходи негативно впливають на природні ландшафти й екологічні

Хозяйственная деятельность человека приводит к накоплению на дневной поверхности громадных отвалов горных пород и отходов металлургических, химических заводов, углеобогадательных фабрик, энергетических предприятий и других производств. В эти отвалы и отходы в ряде случаев попадает значительное количество полезных компонентов, в том числе не имевших прежде промышленного значения. По мере развития технологий минерального сырья, изменения экономических и экологических условий возникает необходимость использования отвалов добычи и переработки сырья. Такие образования следует рассматривать как техногенные месторождения. По мере развития науки и техники роль техногенных месторождений все больше возрастает. Человек может с большой выгодой использовать эти месторождения, применяя различные методы воздействия на отходы промышленности: бактериологический, химический, физический и другие.

В развитых индустриальных странах мира уровень использования промышленных отходов достигает 70-80%, тогда как в Украине он не превышает 10-12%. В США, например, из промотходов получают 20% всего алюминия, 33% железа, 50% свинца и цинка, 44% меди и т.д. Поэтому для нашей страны, производившей 5% всей минеральной продукции мира и обладающей мощным горнопромышленным потенциалом, проблема утилизации промышленных отходов имеет первостепенное значение. На территории Украины в результате деятельности 500 промышленных предприя-

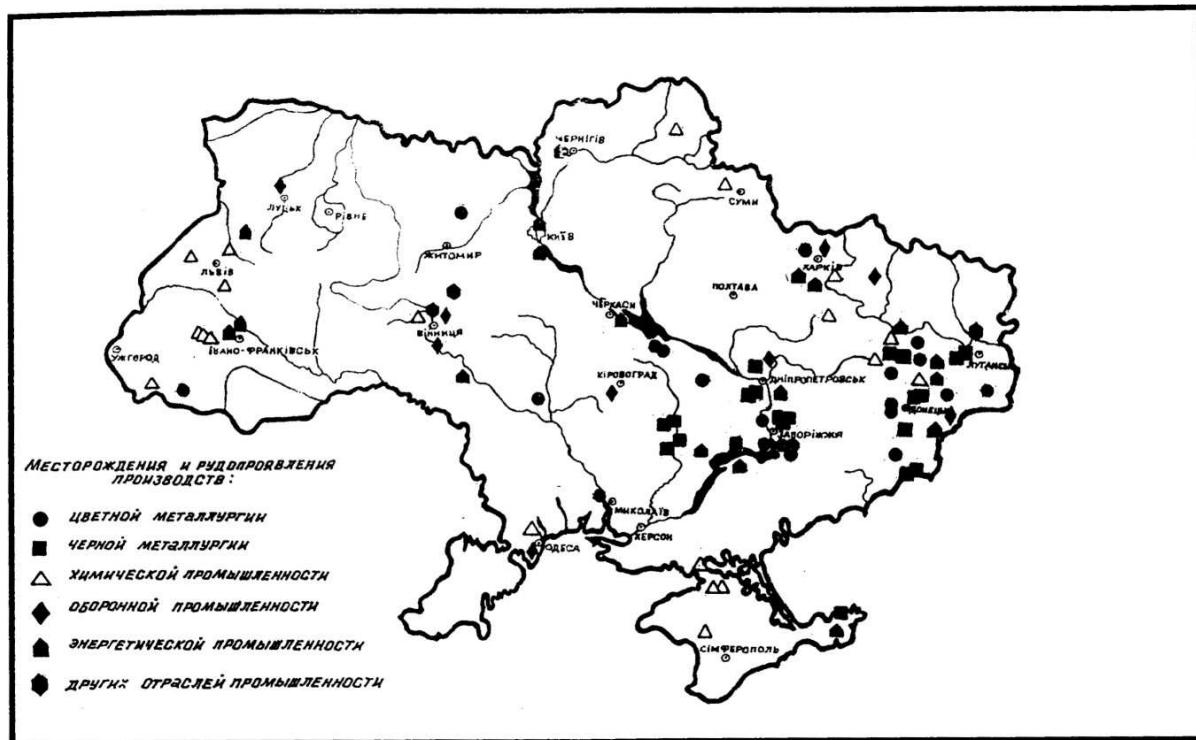


умови, займаючи площу біля 150 тис.га родючих земель і погіршуючи середовище обитання людини.

На 01.06.2000р. була інформація про 1600 техногенні об'єкти України по 13 областях України і частково по Криму. Прогнозно-пошукове обстеження і випробування відходів більше 100 підприємств, проведене геологами України, виявило в багатьох із них високі, аж до промислових, концентрації кольорових, рідкісних і благородних металів і нерудної сировини (мал.6.1).

тий только твердых отходов накоплено около 25млр.т. Эти отходы негативно влияют на природные ландшафты и экологические условия, занимая площадь около 150тыс.га плодородных земель и ухудшая среду обитания человека.

На 01.06.2000г имелась информация о 1600 техногенных объектах Украины по 13 областям Украины и частично по Крыму. Прогнозно-поисковое обследование и опробование отходов более 100 предприятий, проведенное геологами Украины, выявило у многих из них высокие, вплоть до промышленных, концентрации цветных, редких и благородных металлов и нерудного сырья (рис.6.1).



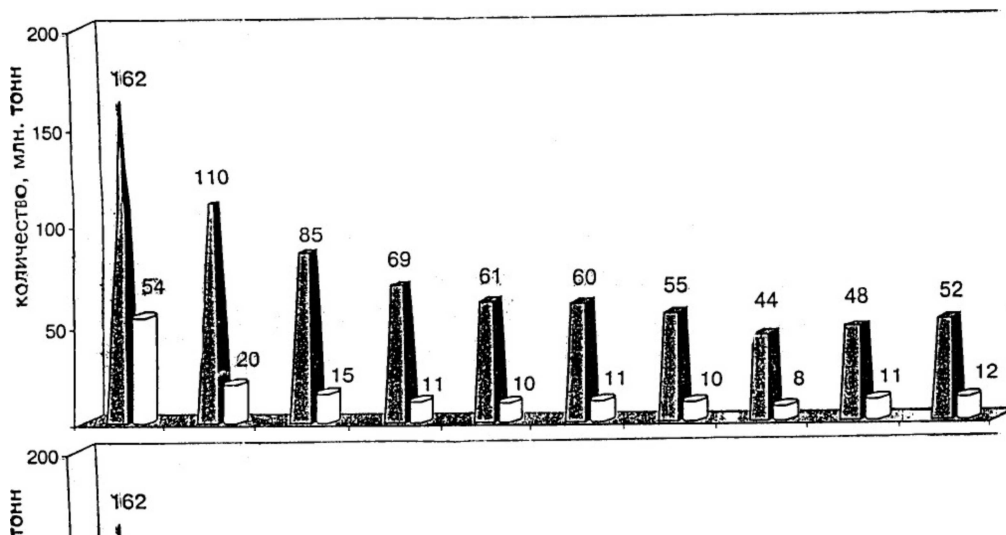
Мал. 6.1. Техногенні родовища України.  
Рис. 6.1. Техногенные месторождения Украины.

Встановлено, що внаслідок переробки тільки обстежених промислових відходів потреби промисловості України можуть бути забезпечені на десятки років у скандії, галії, ітрії, танталі, ніобії, ртуті, цезії. Щорічна потреба в дефіцитних для країни свинці, цинку, міді, ванадії, цирконії, золоті, сріблі, літій може задоволь-

Установлено, что в результате переработки только обследованных промышленных отходов потребности промышленности Украины могут быть обеспечены на десятки лет в скандии, галлии, иттрии, тантале, ниобии, ртути, цезии. Ежегодная потребность в дефицитных для страны свинце, цинке, меди, ванадии, цирконии, золо-

нятися на 10-25%. Різноманітну нерудну сировину з відходів раціонально використовувати для одержання будівельних матеріалів, хімічних реагентів для очищення стічних вод, добрив для сільськогосподарства і т.д. Важливою обставиною є те, що собівартість товарної продукції з промислових відходів у 5-15 разів менше, ніж із добуваємих, що добуваються традиційними засобами руд родовищ корисних копалин. Активне використання промислових відходів мінеральної сировини дозволить дістати прибуток у мільярди доларів США щорічно. На даний час поняття «корисні копалини» повинно бути трансформовано, тому що людина вже стільки «накопала», що необхідно освоєння відходів видобутку, збагачення і переробки різноманітних корисних копалин. Особливо це стосується Донецького і Криворожсько-Придніпровського промислових районів України з їхніми підприємствами вугільної, металургійної, хімічних, енергетичної, оборонної та інших галузей індустрії (мал.6.2).

те, срібле, литий может удовлетворяться на 10-25%. Различное нерудное сырье из отходов рационально использовать для получения строительных материалов, химических реагентов для очистки сточных вод, удобрений для сельского хозяйства и т.д. Важным обстоятельством является то, что себестоимость товарной продукции из промышленных отходов в 5-15 раз меньше, чем из добываемых традиционными способами руд месторождений полезных ископаемых. Активное использование промышленных отходов минерального сырья позволит получить прибыль в миллиарды долларов США ежегодно. В настоящее время понятие «полезное ископаемое» должно быть трансформировано, т.к. человек уже столько «накопал», что необходимо освоение отходов добычи, обогащения и переработки различных полезных ископаемых. Особенно это касается Донецкого и Криворожско-Придніпровского промышленных районов Украины с их предприятиями угольной, металлургической, химической, энергетической, оборонной и других видов индустрии (рис.6.2).



Мал. 6.2. Динаміка утворення та утилізації промислових відходів в Донецькій області (Земля тривоги нашої, Донецьк, 2001)

Рис. 6.2. Динамика образования и утилизации промышленных отходов в Донецкой области (Земля тревоги нашей, Донецк, 2001).

У зв'язку з цим вивчення і використання промислових відходів має важливе народно-господарське значення для України при рішенні екологічних і економічних проблем. Утилізація мінеральних відходів сприяє очищенню навколишнього середовища від токсичних речовин і баласту, а також одержанню необхідних металів та інших корисних продуктів. У промислових відходах Никитовського ртутного комбінату (НРК), наприклад, визначені прогнозні ресурси (у тоннах) сурми - 5540, миш'яку - 4280, літію - 1450, ртуті - 720, срібла - 3,2, золота - 1,2. Розроблено технологічні схеми по витягу зазначених металів, після чого пісково-глинисті продукти промвідходів можна використовувати для виготовлення цеглини, будівельних розчинів, бетону і т.д. Проведена в УкрГІМРі (м. Сімферополь) і Геопрогнозі (м. Київ) техніко-економічна оцінка комплексного освоєння відходів НРК показала їхню доцільність і вигідність. За 200 років промислового здобутку кам'яного вугілля у Донбасі і його переробки накопичена величезна кількість відходів: на кожного жителя цього регіону припадає їх біля 4000т. З 1257 териконів і відвалів вугільних шахт до 35% схильні процесам самозаймання вугілля. При цьому з осередків горіння гарячі газы відкладають на поверхні самородну сірку, нашатир та інші техногенні мінерали. У радіусі до 3-х км кожний терикон є джерелом забруднення повітряного, водяного і поверхневого природного середовища різноманітними елементами-токсикантами, у тому числі миш'яком, ртуттю та ін. Тим часом, доведено, що глинисті породи, що складають терикони вугільних шахт Донбасу на 70% і більше, доцільно використовувати в якості мінеральної сировини для виготовлення цеглини та інших будівельних

В связи с этим изучение и использование промышленных отходов имеет важное народно-хозяйственное значение для Украины при решении экологических и экономических проблем. Утилизация минеральных отходов способствует очищению окружающей среды от токсичных веществ и балласта, а также получению необходимых металлов и других полезных продуктов. В промышленных отходах Никитовского ртутного комбината (НРК), например, определены прогнозные ресурсы (в тоннах) сурьмы - 5540, мышьяка - 4280, лития - 1450, ртути - 720, серебра - 3,2, золота - 1,2. Разработаны технологические схемы по извлечению указанных металлов, после чего песчано-глинистые продукты промотходов можно использовать для приготовления кирпича, строительных растворов, бетона и т.д. Проведенная в УкрГИМРе (г.Симферополь) и Геопрогнозе (г.Киев) технико-экономическая оценка комплексного освоения отходов НРК показала их целесообразность и выгодность. За 200 лет промышленной добычи каменных углей в Донбассе и их переработки накоплено громадное количество отходов: на каждого жителя этого региона приходится их около 4000т. Из 1257 терриконов и отвалов угольных шахт до 35% подвержены процессам самовозгорания угля, выделяющиеся при этом из очагов горения горячие газы отлагают на поверхности самородную серу, нашатырь и другие техногенные минералы. В радиусе до 3<sup>х</sup>км каждый террикон является источником загрязнения воздушной, водной и поверхностной природной среды различными элементами-токсикантами, в том числе мышьяком, ртутью и др. Между тем, доказано, что глинистые породы, составляющие на 70% и более терриконы угольных шахт Донбасса, целесообразно использо-

матеріалів, а також одержання глинозему. Поряд з відходами вуглезбагачення і переробки вугілля вони можуть служити нетрадиційним джерелом чорних, кольорових, благородних і рідкісних металів. Геохімічні дослідження вугільної золи біля 200 шахтопластів, проведені А.Ф. Горювим, показало постійну присутність у золі до 3 г/т срібла, понад 1000 г/т літію та інших елементів. Щорічно накопичуючіся відходи вугільного виробництва в Донбасі містять біля 10т срібла, сотні тон германію, ітрію і ітербію, тисячі тон скандію, берилію, літію, цирконію та інших металів на суму декілька сотень млн. доларів США.

У відходах Запорізького титаномагнієвого комбінату виявлено вміст (%) цирконію - 0,35; ніобію - 0,28; танталу - 0,017; ванадію - 0,09; ітрію -0,03; міді - 0,1; оксиду титану - 7,8. Ці метали утримуються в технологічно доступній для їхнього витягу формі.

Техногенні родовища Криворізького залізорудного басейну можуть бути джерелом здобутку золота. У відходах збагачення залізистих кварцитів тут установлено до 1,5-1,9 г/т і більше золота, із яких в УкрГІМРі (м.Сімферополь) отримані концентрати, придатні для гідрометалургійного витягу цього шляхетного металу.

У золі бурого вугілля Морозовського розрізу Дніпровського буровугільного басейну виявлено вміст золота до 4,5-8 г/т, що істотно перевищує промислові вимоги до руд корінних родовищ. Кількість золота в золошлакових відвалах ТЕЦ м. Олександрії складає 350мг/т і більше, що робить економічно вигідним його промисловий витяг за прикладом Рефтинської ГРЕС на Уралі. Тут попутно з електроенергією з золи екибастузького вугілля щодня одержують до 1кг золота.

льзовать в качестве минерального сырья для изготовления кирпича и других строительных материалов, а также получения глинозема. Наряду с отходами углеобогащения и переработки углей они могут служить нетрадиционным источником черных, цветных, благородных и редких металлов. Геохимические исследования угольной зола около 200 шахтопластов, проведенные А.Ф.Горювым, показало постоянное присутствие в золе до 3г/т серебра, свыше 1000г/т лития и других элементов. Ежегодно появляющиеся в Донбассе отходы угольного производства содержат около 10т серебра, сотни тонн германия, иттрия и иттербия, тысячи тонн скандия, бериллия, лития, циркония и других металлов на сумму несколько сот млн. долларов США.

В отходах Запорожского титаномагниевого комбината обнаружены содержания (%) циркония – 0,35; ниобия – 0,28; тантала – 0,017; ванадия – 0,09; иттрия –0,03; меди – 0,1; оксида титана – 7,8. Эти металлы содержатся в технологически доступной для их извлечения форме.

Техногенные месторождения Криворожского железорудного бассейна могут быть источником добычи золота. В отходах обогащения железистых кварцитов здесь установлено до 1,5-1,9г/т и более золота, из которых в УкрГІМРі (г.Симферополь) получены концентраты, пригодные для гидрометаллургического извлечения этого благородного металла.

В золе бурых углей Морозовского разреза Днепровского буроугольного бассейна выявлены содержания золота до 4,5-8г/т, что существенно превышает промышленные требования к рудам коренных месторождений. Количество золота в золошлаковых отвалах ТЭЦ г.Александрии составляет 350мг/т и более, что делает экономи-

У м. Миколаєві на глиноземному заводі щорічно утворюються 1,3 млн.т червоних шламів при переробці імпортованих із Гвінеї та інших країн бокситів. Роботами УкрГІМР доведена можливість їхньої утилізації з одержанням Au-Zr-TiO<sub>2</sub>-Fe концентрату при чистому річному прибутку 770 тис.доларів.

Повторна переробка 150 млн.т відходів збагачення марганцевих руд Никопольського району і 500 млн.т відходів збагачення залізних руд Криворізького басейну можуть дати товарної продукції на бмлр. доларів. Ці, а також інші дані показують нагальну потребу вивчення й утилізації техногенних родовищ України, як і інших країн СНД.

Важливою проблемою є також пошуки, вивчення і практичне використання нових, нетрадиційних видів мінеральної сировини. Виробництво соди (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), наприклад, здійснюється в Україні та інших країнах із солі (NaCl) і крейди (CaCO<sub>3</sub>) засобами запропонованими Лебланом і Сольве ще наприкінці XVIII - середині XIXст. Хлористий кальцій, що утвориться при цьому, накопичується у відстійниках поблизу содових заводів, забруднюючи навколишнє середовище. У 70-80<sup>x</sup> роках XXст. американські геологи виявили серед третинних осадових порід у штатах Вайомінг, Колорадо і Юта пласти мінералів трони і давсоніту. Розробка трони (Na<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub>) потужністю 10-12м виявилася дуже вигідною, і на даний час США цілком перейшли на одержання соди з трони, заклавши усі свої хімічні заводи.

Давсоніт - NaAl[CO<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>] є економічно ефективною рудою на алюміній, що замінює боксити. А в світі Грін-Рівер (США), яка складена товщею третинних осадів, вміст алюмінію в давсоніті не менш ніж в усіх родовищах бокситів сві-

чески выгодным его промышленное извлечение по примеру Рефтинской ГРЭС на Урале. Здесь попутно с электроэнергией из золы сжигаемых экибастузских углей ежедневно получают до 1кг золота.

В г. Николаеве на глиноземном заводе ежегодно образуется 1,3млн.т красных шламов при переработке импортируемых из Гвинеи и других стран бокситов. Работами УкрГІМР доказана возможность их утилизации с получением Au-Zr-TiO<sub>2</sub>-Fe концентрата при чистой годовой прибыли 770тыс.долларов.

Вторичная переработка 150млн.т отходов обогащения марганцевых руд Никопольского района и 500млн.т отходов обогащения железных руд Криворожского бассейна могут дать товарной продукции на бмлр. долларов. Эти, а также другие данные показывают настоятельную необходимость изучения и утилизации техногенных месторождений Украины, как и других стран СНГ.

Важной проблемой является также поиски, изучение и практическое использование новых, нетрадиционных видов минерального сырья. Производство соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), например, осуществляется в Украине и других странах из соли (NaCl) и мела (CaCO<sub>3</sub>) способами предложенными Лебланом и Сольве еще в конце XVIII – середине XIXв.в. Образующийся при этом хлористый кальций накапливается в отстойниках вблизи содовых заводов, загрязняя окружающую среду. В 70-80<sup>x</sup> годах XXв американские геологи выявили среди озерных отложений третичных осадочных пород в штатах Вайоминг, Колорадо и Юта пласты минералов троны и давсонита. Разработка пластов троны (Na<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub>) мощностью в 10-12м оказалась очень выгодной, и в настоящее время США полностью перешли на получение

ту. Геологи інших країн за прикладом США шукають трону і давсоніт, але до наступного часу великих знахідок немає. Давсоніт знайдено в Дніпровсько-Донецькій западині України і в Білорусії, але залягає він тут глибоко – на глибинах більш 1км.

Новим нетрадиційним і ефективним заміником флюориту (плавикового шпату), що застосовується в чорній металургії, є мінерал ставроліт. Цей мінерал - силікат острівної каркасної структури - містить 52-54% глинозему, 11-14% закисного заліза, 27-29% кремнезему. Високий вміст глинозему і закисного заліза визначають головні властивості ставроліта як розжижувача шлаків, що прискорює швидкість десульфурації і збільшує сіркопоглинаючу спроможність шлаку.

Потреба в ставролітовому концентраті як високоефективному замінику дефіцитного плавикового шпату складає біля 250-300 тис.т у рік тільки для підприємств металургії України. Геологами Приазовської ГРЕ і ДонНТУ виявлене і попередньо розвідане значне Осипенковське родовище ставролітових руд у долині р. Берди Запорізької області. Воно складене товщею метаморфічних сланців Осипенковської світи нижнього протерозоя (мал.6.3). Ставролітові сланці тяжіють до нижньої і середньої частин розрізу Осипенковської світи і подані в межах родовища трьома-чотирма пластами сумарною потужністю від 60 до 250м. Пласти ставролітових сланців, що містять від 10 до 35% ставроліту виходять на денну поверхню або перекриті малопотужним прошапком наносів від 1 до 20м. Запаси родовища оцінюються в 150 млн.т при середньому вмісті ставроліту в руді біля 15%. Технологічними дослідженнями доведено, що з руд Осипенковського родовища мо-

соды из троны, закрыв все свои прежние содовыххимические заводы.

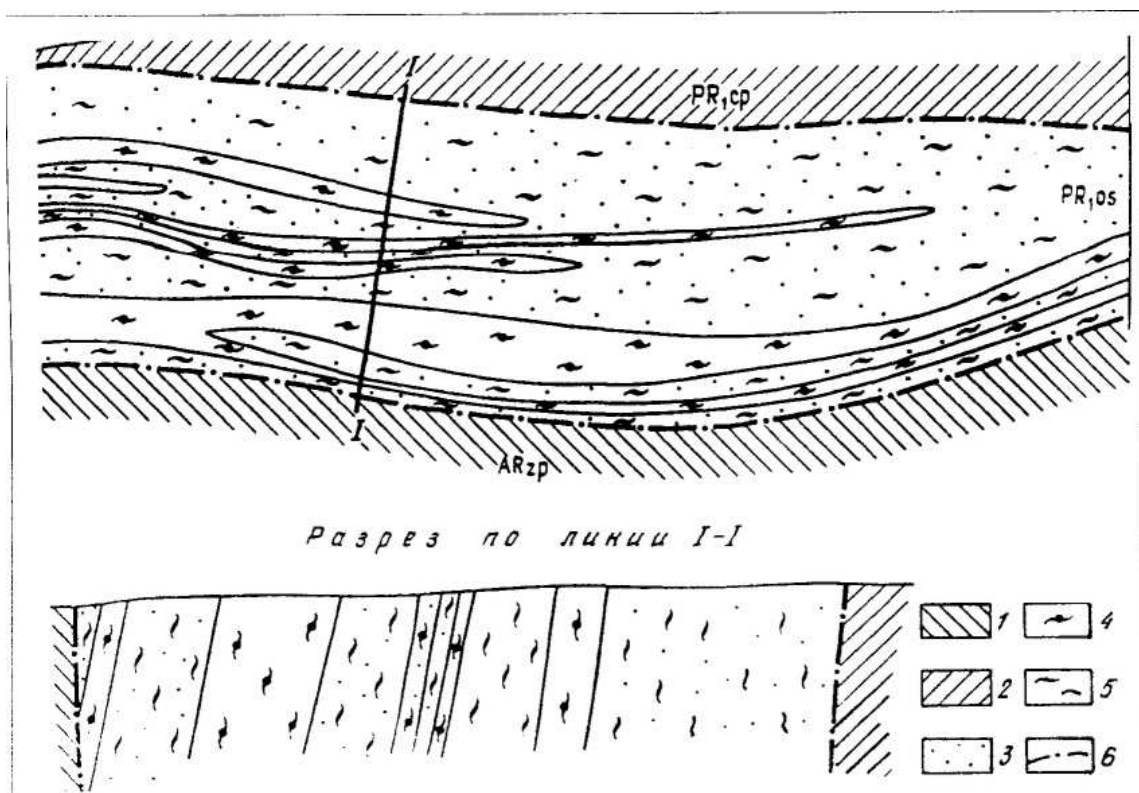
Давсонит -  $\text{NaAl}[\text{CO}_3(\text{OH})_2]$  является экономически эффективной рудой на алюминий, заменяющий бокситы. А в свите Грин-Ривер (США), представленной толщей третичных осадков, содержатся алюминия в давсоните не меньше, чем во всех месторождениях бокситов мира. Геологи других стран по примеру США ищут трону и давсонит, но пока крупных открытий нет. Давсонит обнаружен в Днепровско-Донецкой впадине Украины и в Белоруссии, но он залегает здесь глубоко – на глубинах более 1км.

Новым нетрадиционным и эффективным заменителем применяющегося в черной металлургии флюорита (плавикового шпата) является минерал ставролит. Этот минерал, представляющий собой силікат островной каркасной структуры, содержит 52-54% глинозема, 11-14% закиси железа, 27-29% кремнезема. Высокие содержания глинозема и закисного железа определяют главным образом свойства ставроліта как разжижителя шлаков, ускоряющего скорость десульфурации и увеличивающего серопоглотительную способность шлака.

Потребность в ставролітовом концентрате как высокоэффективном заместителе дефицитного плавикового шпата составляет около 250-300тыс.т в год только для предприятий металлургии Украины. Геологами Приазовской ГРЭ и ДонНТУ выявлено и предварительно разведано крупное Осипенковское месторождение ставролітових руд в долине реки Берды Запорізької області. Оно представлено толщей ставролітсодержащих метаморфических сланцев, относящихся к Осипенковской свите нижнего протерозоя (рис.6.3). Ставролітовые сланцы тяготеют к нижней и средней частям разреза Осипенков-

жна одержати 90% ставролітового концентрату, а також попутно гранатовий, біотитовий, кварцовий і польвошпатовий концентрати.

скої свити і представлені в межах месторождения сближенными тремя-четырьмя пластами суммарной мощностью от 60 до 250м. Пласты ставролитовых сланцев, содержащих от 10 до 35% ставролита выходят на дневную поверхность или перекрыты маломощным слоем наносов от 1 до 20м. Запасы месторождения оцениваются в 150млн.т при среднем содержании ставролита в руде около 15%. Технологическими исследованиями доказано, что из руд Осипенковского месторождения можно получить 90% ставролитового концентрата, а также попутно гранатовый, биотитовый, кварцевый и полевошпатовый концентраты.



Мал. 6.3. Геологічна будова центральної частини Осипенківського родовища ставроліту:

- 1 - західноприазовська серія; 2 - центральноприазовська серія; 3 - осипенківська свита;  
4 - сланці ставролітвміщуючі; 5 - сланці біотитові, двуслюдяні, амфіболітові, гранатові, графітові, силіманіт-гранатові та ін., метагравеліти, метаконгломерати; 6 - тектонічні порушення.

Рис. 6.3. Геологическое строение центральной части Осипенковского месторождения ставролита:

- 1 – западноприазовская серия; 2 – центральноприазовская серия; 3 – осипенковская свита;  
4 – сланцы ставролитсодержащие; 5 – сланцы биотитовые, двуслюдяные, амфиболовые, гранатые, графитовые, силлиманит-гранатые и др., метагравелиты и метаконгломераты;  
6 – тектонические нарушения.

Економічно ефективна заміна плавикового шпату ставролітом у значних масштабах буде сприяти поліпшенню глобальної екологічної обстановки і збереженню озонового прошарку Землі. Є реальні перспективи виявлення ставролітових руд не тільки в інших регіонах Українського щита, але і подібних структур докембрію в Росії, Китаї, Індії, США, Канаді, інших закордонних країнах.

Важливим джерелом нетрадиційної крем'янистої сировини є опал-кристалітові силіцити (опоки, діатоміти, трепели). Володіючи невеликою об'ємною масою і іншими цінними властивостями, вони застосовуються як теплоізоляційні матеріали, служать адсорбентами при освітлюванні нафтопродуктів і очищенні масел, є біостимулюючими кормодобавками в тваринництві і виготовленні препаратів для лікування шлунково-кишкового тракту і т.д. Товщі крем'янистих порід, до яких приурочені родовища опал-кристалітових силіцитів України, належать до своєрідної терригенно-крем'янистої формації верхньої крейди і палеогену. Вони зустрічаються в Дніпрово-Донецькій западині, на схилах Українського щита і в Донбасі, де часто виходять на денну поверхню і цілком доступні для кар'єрної розробки.

Геологічна вивчена товщ опал-кристалітових силіцитів як родовища крем'янистої сировини до теперішнього часу залишається украй недостатньою. На балансі числяться тільки невеликі верхньокрейдяні родовища Донбасу (Кутейніковське, Балка Мокра) і Кіровоградщини (Первозвановське, Коноплянське, тоді як найбільш перспективними є родовища палеогенового віку, виявлення і розвідка яких найближчим часом дозволить створити на Україні базу нетради-

Економічески ефективная замена плавикового шпата ставролитом в крупных масштабах будет способствовать улучшению глобальной экологической обстановки и сохранению озонового слоя Земли. Имеются реальные перспективы выявления ставролитовых руд не только в других регионах Украинского щита, но и сходных структур докембрия в России, Китае, Индии, США, Канаде, иных зарубежных странах.

Важным видом нетрадиционного кремнистого сырья являются опал-кристалитовые силициты (опоки, диатомиты, трепелы). Обладая небольшой объемной массой и другими ценными свойствами они применяются в качестве теплоизоляционных материалов, служат адсорбентами при осветлении нефтепродуктов и очистке масел, являются биостимулирующими кормодобавками в животноводстве и изготовлении препаратов для лечения желудочно-кишечного тракта и т.д. Толщи кремнистых пород, к которым приурочены месторождения опал-кристалитовых силицитов Украины, принадлежат к своеобразной терригенно-кремнистой формации верхнего мела и палеогена. Они встречаются в Днепро-Донецкой впадине, на склонах Украинского щита и в Донбассе, где часто выходят на дневную поверхность и вполне доступны для карьерной разработки.

Геологическая изученность толщ опал-кристалитовых силицитов в качестве месторождений кремнистого сырья до настоящего времени остается крайне недостаточной. На балансе числятся только небольшие верхнемеловые месторождения Донбасса (Кутейниковское, Балка Мокрая) и Кіровоградщини (Первозвановское, Коноплянское), в то время как наиболее перспективными являются мес-



ційної крем'янистої сировини.

#### Вермикуліт

$(\text{Mg,Fe})_3[(\text{Si,Al})_{4010}]\text{H}_2\text{O}(\text{OH})_2$  є слюдою, яка при прожаренні збільшується в об'ємі в 20-25 разів, внаслідок чого виходить дуже легкий, термостійкий матеріал з високими термо- і звукоізоляційними властивостями. Друга його особливість – здібність до катіонного обміну, що вельми цінно для застосування в сільському господарстві, промисловому виробництві і екології. Його ціна на світовому ринку досягає 200-250 \$ США за одну т (2000 рік), вермикуліт має великий попит в США і інших високорозвинутих країнах. Близько 70% всього вермикуліта в США використовується в будівництві і виробництві теплоізоляційних матеріалів. Глинисті ґрунти Німеччини і піски Голландії, Кувейту в результаті внесення вермикуліту придбали якість родючих культурних ґрунтів. У 2000 році світова здобич складала 513 тис. т.: Копальня Палабора (ЮАР) видобула 41% (210 тис. т.), США – 190 тис.т., останнє – Бразилія – 25 тис.т., Австралія – 20 тис.т., Зімбабве – 15 тис.т. і ін.

Використовується вермикуліт також як каталізатор при переробці нафти, як промисловий сорбент високорадіоактивних Cs-137 і Sr-90 із забруднених ґрунтів і відходів ядерних підприємств, а також інших цілей.

У Приазов'ї (Донецька і Запорізька області) відомо декілька родовищ вермикуліту (Каменномогильське, Радіоновське, Куйбышевське, Андріївське і ін.), де він зустрічається в корі вивітрянання біотитових гнейсів або ультраосновних порід. Найбільш велике і розвідане (запаси більше 2 млн.т.) – Каменномогильське родовище, що знаходиться в зоні відчуження заповідника Кам'яні Могили.

торождения палеогенового возраста, выявления и разведка которых в ближайшее время позволит создать на Украине базу нетрадиционного кремнистого сырья.

#### Вермикуліт

$(\text{Mg,Fe})_3[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}]\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot(\text{OH})_2$  являються слюдой, которая при прокаливании увеличивается в объеме в 20-25 раз, в результате чего получается очень легкий термостойкий материал с высокими термо- и звукоизоляционными свойствами. Вторая его особенность – способность к катионному обмену, что весьма ценно для применения в сельском хозяйстве, промышленном производстве и экологии. Его цена на мировом рынке достигает 200-250 долларов за 1т (1998г), вермикулит пользуется большим спросом в США и других высокоразвитых странах. Около 70% всего вермикулита в США используется в строительстве и производстве теплоизоляционных материалов. Глинистые почвы в ФРГ и пески в Голландии, Кувейте в результате внесения вермикулита приобрели качества плодородных культурных почв. В 1998г мировая добыча составила 513тыс.т: рудник Палабора (ЮАР) произвел 41% (210тыс.т), США – 190тыс.т, остальное Бразилия (25тыс.т), Австралия (20тыс.т), Зимбабве (15тыс.т) и др.

Используется вермикулит как катализатор при переработке нефти, в качестве промышленного сорбента высокорadioактивных цезия-137 и стронция-90 из загрязненных почв и отходов ядерных предприятий, а также других целей.

В Приазовье (Донецкая и Запорожская области) известно несколько месторождений вермикулита (Каменномогильское, Радионовское, Куйбышевское, Андреевское и др.), где он встречается в коре выветривания биотитовых гнейсов или ультраосновных пород.

Доцільність використання вказаних техногенних родовищ і нового нетрадиційного в'язу мінеральної сировини очевидні.

*Контрольні питання до глави VI*

1. Що таке техногенні родовища і їх значення для України.
2. Головні техногенні родовища Донбасу і Криворізько-Дніпровського району.
3. Відходи вугільної і інших галузей промисловості як джерела різних металів.
4. Ставроліт, його властивості і родовища.
5. Роль ставроліту в збереженні озонового шару Землі.
6. Новий нетрадиційний вид мінеральної сировини (трону, давсоніту) і їх родовища.
7. Опал-кристобалитові силіцити, їх застосування і родовища в Україні.
8. Вермикуліт і його особливості
9. Застосування вермикуліту і його родовища в Україні і Приазов'ї.

траосновных пород. Наиболее крупное и разведанное (запасы более 2млн.т) Каменномогильское месторождение находится в зоне отчуждения заповедника Каменные могилы.

Целесообразность использования указанных техногенных месторождений и новых нетрадиционных видов минерального сырья очевидны.

*Контрольные вопросы и задания к главе VI*

1. Что такое техногенные месторождения и их значение для Украины.
2. Главные техногенные месторождения Донбасса и Криворожско-Днепровского района.
3. Отходы угольной и других отраслей промышленности, как источники различных металлов.
4. Ставролит, его свойства и месторождения.
5. Роль ставролита в сохранении озонового слоя Земли
6. Новые нетрадиционные виды минерального сырья (трона, давсонит) и их месторождения.
7. Опал-кристобалитовые силициты, их применение и месторождения в Украине.
8. Вермикулит и его особенности.
9. Применение вермикулита и его месторождения в Украине и Приазовье.

## ГЛАВА VII ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### ГЛАВА VII ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

#### 7.1 Земна кора і екологічна геологія

Земна кора, під якою розуміється верхня сіалічна частина літосфери, сформувалася в результаті складної диференціації речовини протягом величезного (~4,6млр.лет) періоду розвитку Землі. І хоча вона разом з атмосферою і гідросферою складає лише близько 1% всієї маси Землі, кора є дуже складною матеріальною системою.

Земна кора характеризується найвищою диференціацією свого складу в порівнянні з іншими сферами Землі – ядром, мантією, атмосферою, гідросферою. Ця висока диференціація обумовлює наявність в земній корі різноманітних природних з'єднань, зокрема родовищ корисних копалини. Кора Землі служить також ареною взаємодії атмосфери і гідросфери з твердою оболонкою Землі, що зумовило високу її диференціацію. Вона з одного боку, трансформуює і перетворює зовнішню енергію, а з іншого – внутрішню, здійснюючи взаємні переходи одного виду енергії в іншій.

Результати різних геологічних процесів не зникають безслідно, а фіксуються в "кам'яній книзі" Землі, відбиваючись в речовинному складі, структурі, енергетичному і в іншому стані земної кори. Це дає можливість відновити історію життя планети з моменту виникнення на ній земної кори. Зрештою вона є об'єктом безпосереднього вивчення і освоєння її людиною, полем його практичної діяльності, що приво-

#### 7.1 Земная кора и экологическая геология

Земная кора, под которой понимается верхняя сиалическая часть литосферы, сформировалась в результате сложной дифференциации вещества в течение громадного (~4,6млр.лет) периода развития Земли. И хотя она вместе с атмосферой и гидросферой составляет лишь около 1% всей массы Земли, кора является очень сложной материальной системой.

Земная кора характеризуется самой высокой дифференциацией своего состава по сравнению с другими сферами Земли – ядром, мантией, атмосферой, гидросферой. Эта высокая дифференциация обуславливает наличие в земной коре разнообразных природных соединений, в частности месторождений полезных ископаемых. Кора Земли служит также ареной взаимодействия атмосферы и гидросферы с твердой оболочкой Земли, что обусловило высокую её дифференциацию. Она с одной стороны, трансформирует и преобразует внешнюю энергию, а с другой – внутреннюю, осуществляя взаимные переходы одного вида энергии в другой.

Результаты различных геологических процессов не исчезают бесследно, а фиксируются в "каменной книге" Земли, отражаясь в вещественном составе, структуре, энергетическом и в ином состоянии земной кори. Это дает возможность восстановить историю жизни планеты с момента возникновения на ней земной кори. В конечном итоге она является объектом непосредственного изучения и освоения ее человеком, полем его практической деятель-

дить до зміни навколишнього середовища і лиця Землі. Мінеральні ресурси земної кори складають основу економічного розвитку людського суспільства. З надр Землі щорічно витягують зверх 100млрд.т різних видів мінеральної сировини, при цьому в структурі світового видобутку корисних копалин переважає паливно-енергетична сировина. На її частку доводиться до 85% і більш, тоді як здобич рудних і нерудних корисних копалини в цілому складає до 15%.

Видобуток корисних копалин і їх використання порушують природну рівновагу, що склалася в земній корі. Це у багато разів прискорює природні або викликають до життя нові техногенні геологічні процеси. Багато з цих процесів завершується в межах різних відрізків часу, вимірюваних іноді роками або навіть днями. При цьому людина цілеспрямовано або стихійно створює на поверхні Землі антропогенний ландшафт.

Так, розробка і видобуток корисних копалин сприяють зростанню контрастності земної поверхні. Тільки за рахунок відкритої розробки корисних копалини в світі за короткий час виникають гори, які в природних умовах створювалися б природою при тривалих геологічних процесах. В результаті штучного утворення порожнеч при підземній експлуатації твердих, рідких і газоподібних корисних копалини відбуваються просідання земної поверхні, порушуються термічний, газовий, геохімічний режими, відбуваються інші екологічно негативні явища. Зникають джерела і болота, міліють озера і річки, розвивається карст, відбуваються інші процеси, що викликають швидкі зміни верхнього шару земної кори. Інженерно-будівельна і сільськогосподарська дія-

ности, приводящей к изменению окружающей среды и лица Земли. Минеральные ресурсы земной коры составляют основу экономического развития человеческого общества. Из недр Земли ежегодно извлекают свыше 100млрд.т различных видов минерального сырья, при этом в структуре мировой добычи полезных ископаемых преобладают топливно-энергетическое сырье. На его долю приходится до 85% и более, тогда как добыча рудных и нерудных полезных ископаемых в общей сложности составляет до 15%.

Добыча полезных ископаемых и их использование нарушают сложившиеся в земной коре природные равновесия. Они во много раз ускоряют естественные или вызывают к жизни новые техногенные геологические процессы. Многие из этих процессов завершаются в пределах различных отрезков времени, измеряемых иногда годами или даже днями. При этом человек целенаправленно или стихийно создает на поверхности Земли антропогенный ландшафт.

Так, разработка и добыча полезных ископаемых способствуют росту контрастности земной поверхности. Только за счет открытой разработки полезных ископаемых в мире за короткое время возникают горы, которые в естественных условиях создавались бы природой при длительных геологических процессах. В результате искусственного образования пустот при подземной эксплуатации твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых происходят проседания земной поверхности, нарушаются термический, газовый, геохимический режимы, происходят другие экологически негативные явления. Исчезают родники и болота, мелеют озера и реки, развивается карст, происходят другие процессы, вызывающие быстрые изменения

льність людини, навпаки, нівелюють земну поверхню. З метою створення, наприклад, кращих умов для землеробства чоловік вирівнює рельєф поверхні, на великих площах розсіює мінеральні і органічні речовини, обводнює пустелі і осушує заболочені ділянки. Інженерно-будівельна діяльність також сприяє вирівнюванню земної поверхні, оскільки людина при зведенні будівель, дамб і інших споруд створює умови для виникнення антропогенних тектонічних процесів. Під кожною будівлею формується воронка просідання, величина якої досягає іноді декількох метрів. Міста, особливо великі, впливають своєю масою на поведінку верхніх ділянок земної кори. Вони знаходяться в своєрідних "чашах" опускання, за межами яких розвивається кільцева зона підняття, як наслідок властивостей земної кори, тобто як компенсація тектонічного опускання. Таким чином, штучні споруди, сприяють зміні будови верхньої частини земної кори.

При цьому відбуваються стихійні, неконтрольовані зміни особливо у зв'язку з розробкою і використанням мінеральної сировини.

Стихійність в перетворенні складу поверхневої частини земної кори особливо яскраво виявляється в зонах поселень. Нині в крупних містах потужність антропогенних відкладень в районах старої забудови досягає (м): у Києві – 36, Москві – 22, Ташкенті – 18, Лондоні – 25, Парижі – 20. Цілком очевидно, що багато технологічних процесів, якщо не прийняти відповідних заходів, матимуть у край небажані для життя людини і навколишнього його середовища екологічні наслідки.

Господарська діяльність людини до-

верхнього слоя земной коры. Инженерно-строительная и сельскохозяйственная деятельность человека, наоборот, нивелируют земную поверхность. С целью создания, например, лучших условий для земледелия человек выравнивает рельеф поверхности, на больших площадях рассеивает минеральные и органические вещества, обводняет пустыни и осушает заболоченные участки. Инженерно-строительная деятельность также способствует выравниванию земной поверхности, т.к. человек при возведении зданий, плотин и других сооружений создает условия для возникновения антропогенных тектонических процессов. Под каждым зданием формируется просадочная воронка, величина которой достигает порой нескольких метров. Города, особенно крупные, воздействуют своей массой на поведение верхних участков земной коры. Они находятся в своеобразных "чашах" опускания, за пределами которых развивается кольцевая зона поднятий, как следствие свойств земной коры, т.е. как компенсация тектонического опускания. Таким образом, искусственные сооружения, способствуют изменению строения верхней части земной коры.

При этом происходят стихийные, неконтролируемые изменения особенно в связи с разработкой и использованием минерального сырья.

Стихийность в преобразовании состава поверхностной части земной коры особенно ярко проявляется в зонах поселений. Ныне в крупных городах мощность антропогенных отложений в районах старой застройки достигает (м): в Киеве – 36, Москве – 22, Ташкенте – 18, Лондоне – 25, Париже – 20. Вполне очевидно, что многие технологические процессы, если не принять соответствующих мер, будут иметь крайне нежелательные для жизни человека

сягла таких масштабів, при яких вже очевидна і загально визнана необхідність як посилення охорони надр, так і спеціального вивчення геологічних наслідків цієї діяльності, про що говорив свого часу В.І.Вернадський.

От чому в 1984г в Росії з'явився новий напрям геологічних знань – екологічна геологія. Вона вивчає екологічні функції літосфери, закономірності її формування і зміни під впливом природних і техногенних причин у зв'язку з діяльністю людини. Об'єктом її дослідження є літосфера зі всіма компонентами, а предметом досліджень – знання про їх екологічні властивості.

природні рівноваги повинна давати прогнози, що стосуються порушення балансу природних компонентів в результаті втручання людини в земну кору і подальшого її розвитку в зоні, доступній людині. Тут завдання і методи дослідження екологічної геології тісно переплітаються із завданнями і методами дослідження динамічної геології, вчення про корисних копалини, гідрогеології, інженерної геології, геоморфології і іншими геологічними науками. Проте до завдань екологічної геології відносяться не тільки і не стільки вивчення самих техногенних геологічних процесів, скільки вивчення і передбачення геологічних наслідків господарської діяльності людини в межах земної кори і на її поверхні. Екологічна геологія повинна враховувати також досягнення наук біогеографічного циклу, в першу чергу – ландшафтоведення. У її компетенцію входять також питання раціонального використання і охорони надр. Тут необхідно спиратися на дані таких наук, як гірська справа і технологія переробки мінеральної сировини,

и окружающей его среды экологические последствия.

Хозяйственная деятельность человека достигла таких масштабов, при которых уже очевидна и общепризнана необходимость как усиления охраны недр, так и специального изучения геологических последствий этой деятельности, о чем говорил в свое время В.И.Вернадский.

Вот почему в 1984г в России появилось новое направление геологических знаний – экологическая геология. Она изучает экологические функции литосферы, закономерности её формирования и изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с деятельностью человека. Объектом её исследования являются литосфера со всеми компонентами, а предметом исследований – знания об их экологических свойствах.

Экологическая геология должна давать прогнозы, касающиеся нарушения баланса природных компонентов в результате вмешательства человека в земную кору и дальнейшего их развития в зоне, доступной человеку. Здесь ее задачи и методы исследования тесно переплетаются с задачами и методами исследования динамической геологии, учения о полезных ископаемых, гидрогеологии, инженерной геологии, геоморфологии и другими геологическими науками. Однако к задачам экологической геологии относятся не только и не столько изучение самих техногенных геологических процессов, сколько изучение и предвидение геологических последствий хозяйственной деятельности человека в пределах земной коры и на ее поверхности. Экологическая геология должна учитывать также достижения наук биогеографического цикла, в первую очередь – ландшафтоведения. В её компетенцию входят также вопросы рационального ис-

економіка мінеральної сировини, природокористування і екогігієна, а також інші.

Таким чином, екологічна геологія – комплексна геологічна наука, покликана активно брати участь в рішенні проблеми "природа – людина, – наука – техніка". У ній тісно переплітаються питання виробничі, етичні, добробуту людей, екогігієни і навіть виживання людства. Так, на думку українських, російських і американських учених нашої Землі загрожує глобальне потепління, пов'язане із забрудненням повітря кіптявою і різними хімічними сполуками. Через це сонячне світло відбивається назад в космічний простір, що неминуче підсилює парниковий ефект і порушує клімат, що склався, на Землі. За даними NASA (американський інститут космічних досліджень) за останніх 2 року XXI століття кількість сонячного світла, що досягає поверхні нашої планети, зменшилася майже на 20%. Загрозу всьому живому на Землі представляє також зменшення озонового шару Землі, що затримує жорстку ультрафіолетову радіацію Сонця, кислотні дощі, що утворюються в результаті неконтрольованого викиду в атмосферу оксидів сірки і інші види господарської діяльності людини глобального характеру.

## **7.2 Рациональне використання природи і охорона мінеральних ресурсів**

У сучасних умовах питання взаємодії суспільства і природи, охорона і поліпшення природного середовища висуваються в число першорядних наукових

пользования и охраны недр. Здесь необходимо опираться на данные таких наук, как горное дело и технология переработки минерального сырья, экономика минерального сырья, природопользование и экогигиена, а также другие.

Таким образом, экологическая геология – комплексная геологическая наука, призванная активно участвовать в решении проблемы "природа – человек – наука – техника". В ней тесно переплетаются вопросы производственные, нравственные, благосостояния людей, экогигиены и даже выживания человечества. Так, по мнению украинских, российских и американских ученых нашей Земле грозит глобальное потемнение, связанное с загрязнением воздуха копотью и различными химическими соединениями. Из-за этого солнечный свет отражается обратно в космическое пространство, что неизбежно усиливает парниковый эффект и нарушает сложившийся климат на Земле. По данным NASA (американский институт космических исследований) за последние 2 года XXI века количество солнечного света, достигающего поверхности нашей планеты, уменьшилось почти на 20%. Угрозу всему живому на Земле представляет также уменьшение озонового слоя Земли, задерживающего жесткую ультрафиолетовую радиацию Солнца, кислотные дожди, образующиеся в результате неконтролируемого выброса в атмосферу оксидов серы и другие виды хозяйственной деятельности человека глобального характера.

## **7.2 Рациональное использование природы и охрана минеральных ресурсов**

В современных условиях вопросы взаимодействия общества и природы, охраны и улучшения природной среды выдвигаются в число первостепенных научных проблем.

проблем. Відома та величезна увага, яка приділяється охороні природи. Прийняті ухвали, направлені на поліпшення охорони і раціональне використання природних ресурсів. Майже всі матеріальні цінності – результат здобичі і переробки корисних копалини. З надр ми отримуємо сировину для паливної, металургійної і хімічної промисловості, добрива для сільського господарства, будівельні матеріали і т.д. Проте надра Землі не невичерпні, тому необхідно чітко уявляти собі, яка сировина, скільки і як треба її здобувати, щоб використовувати багатства надр як можна раціональніше. Існуючі правові норми, що розробляються, про охорону надр направлені на запобігання і припинення випадків безгосподарного використання корисних копалини. Особлива увага в законодавчих ухвалях приділена забезпеченню безпеки гірських робіт, державному нагляду і контролю за використанням і охороною надр. Багатство надр – це частина природних багатств країни і потрібно їх використовувати ефективно, розумно і з перспективою на майбутнє. Необхідно більш комплексно освоювати родовища корисних копалини, не допускаючи втрат при здобичі і переробці.

Один з найбільш реальних шляхів раціонального використання мінерально-сировинних ресурсів – усесторонній підхід до витягання і переробки сировини, що забезпечує якнайповніше і економічно доцільніше використання запасів основних і таких, що залягають спільно з ними корисних копалини, утилізацію відходів робіт здобичі, а також вторинне використання техногенних родовищ і інших ресурсів. Правила охорони надр при розробці родовищ твердих корисних копалини містять комплекс вимог по ра-

Известно то огромное внимание, которое уделяется охране природы. Приняты постановления, направленные на улучшение охраны и рациональное использование природных ресурсов. Почти все материальные ценности – результат добычи и переработки полезных ископаемых. Из недр мы получаем сырье для топливной, металлургической и химической промышленности, удобрения для сельского хозяйства, строительные материалы и т.д. Однако недра Земли не неисчерпаемы, поэтому необходимо четко представлять себе, какое сырье, сколько и как надо добывать, чтобы использовать богатства недр как можно рациональнее. Существующие и разрабатываемые правовые нормы об охране недр направлены на предотвращение и пресечение случаев бесхозяйственного использования полезных ископаемых. Особое внимание в законодательных постановлениях уделено обеспечению безопасности горных работ, государственному надзору и контролю за использованием и охраной недр. Богатство недр – это часть природных богатств страны. И нужно их использовать эффективно, разумно и с перспективой на будущее. Необходимо более комплексно осваивать месторождения полезных ископаемых, не допуская потерь при добыче и переработке.

Один из наиболее реальных путей рационального использования минерально-сырьевых ресурсов – всесторонний подход к извлечению и переработке сырья, обеспечивающий наиболее полное и экономически целесообразное использование запасов основных и залегающих совместно с ними полезных ископаемых, утилизацию отходов добычных работ, а также вторичное использование техногенных месторождений и других ресурсов. Правила охраны недр при разработке месторождений



ціональному використанню надр і їх охороні на всіх технологічних етапах розробки родовищ корисних копалини, включаючи проектування, будівництво і введення в експлуатацію підприємств по видобутку корисних копалин, геологічне і маркшейдерське забезпечення гірських робіт, підготовку здобутої корисної копалини до відвантаження і переробки, ліквідацію і консервацію підприємств. Схеми розкриття родовища, що приймаються в проекті підприємства, способи і системи розробки повинні бути обґрунтовані техніко-економічними розрахунками, що забезпечують оптимальну повноту і якість витягання запасів корисних копалини з надр з урахуванням вимог по охороні навколишнього природного середовища. Проекти підприємств на родовищах, що залягають в складних гірничо-геологічних умовах, повинні містити спеціальний розділ, що передбачає заходи щодо зниження шкідливого впливу ускладнюючих природних чинників на раціональне, комплексне використання надр і одночасно забезпеченню безпечного ведення гірських робіт, охорону надр і навколишнього середовища. Розкриття і підготовка родовища до виїмки корисної копалини повинні проводитися відповідно до проекту підприємства. При відкритій розробці родовища необхідно забезпечити відділення розкритих (порожніх) порід від корисної копалини з мінімальними втратами і зби́днюванням. При виявленні чинників, гірських вироблень, що негативно впливають на стійкість, представляють небезпеку для життя і здоров'я людей, зайнятих на гірських роботах, останні повинні бути припинені до виконання заходів щодо забезпечення безпечного ведення і охорони надр. Після завершення робіт

твердых полезных ископаемых содержат комплекс требований по рациональному использованию недр и их охране на всех технологических этапах разработки месторождений полезных ископаемых, включая проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию предприятий по добыче полезных ископаемых, геологическое и маркшейдерское обеспечение горных работ, подготовку добытого полезного ископаемого к отгрузке и переработке, ликвидацию и консервацию предприятий. Принимаемые в проекте предприятия схемы вскрытия месторождения, способы и системы разработки должны быть обоснованы технико-экономическими расчетами, обеспечивающими оптимальную полноту и качество извлечения запасов полезных ископаемых из недр с учетом требований по охране окружающей природной среды. Проекты предприятий на месторождениях, залегающих в сложных горно-геологических условиях, должны содержать специальный раздел, предусматривающий мероприятия по снижению вредного влияния осложняющих природных факторов на рациональное, комплексное использование недр и одновременно обеспечению безопасного ведения горных работ, охрану недр и окружающей среды. Вскрытие и подготовка месторождения к выемке полезного ископаемого должны производиться в соответствии с проектом предприятия. При открытой разработке месторождения необходимо обеспечить отделение вскрышных (пустых) пород от полезного ископаемого с минимальными потерями и разубоживанием. При выявлении факторов, отрицательно влияющих на устойчивость горных выработок, представляющих опасность для жизни и здоровья людей, занятых на горных работах, последние должны быть приостановлены до

здобичі складається акт, в якому приводять початкові балансові і забалансові запаси відпрацьованої частини надр, кількість погашених запасів і здобутих корисних копалини, нормативні і фактичні значення втрат і збіднювання, а також інші показники, що характеризують повноту, якість витягання корисних копалини і компонентів з надр, стан гірських вироблень. Ліквідація і консервація підприємства здійснюються по спеціальних проектах, узгоджених з органами Держгіртехнагляду України, іншими зацікавленими органами і затвердженим в установленому порядку.

Зростання об'єму видобутку корисних копалин, особливо за допомогою відкритих розробок, приводить щорічно до вилучення з народногосподарського обороту багатьох гектарів цінних орних земель. Тому відновлення поверхні літосфери – одне з найбільш актуальних завдань охорони навколишнього середовища. Рекультивація передбачає створення оптимальних умов для життєдіяльності біогеоценозу і додання якнайкращих форм використання того або іншого зачепленого техногенним процесом ділянки земної поверхні.

Розрізняють три основні стадії рекультивації – гірничотехнічну, біологічну і будівельну.

Гірничотехнічна рекультивація – попередня підготовка порушених територій для цільового використання. Сюди входять роботи по плануванню поверхні, покриттю її шаром ґрунту, проведенню необхідних меліоративних заходів (дренаж, вапнування кислих ґрунтів і т.д.), а також підготовка ділянок для освоєння (проведення доріг, створення водоймищ) і попереджувальні інженерно-геологічні роботи (протиозувні і протиосідальні).

выполнения мероприятий по обеспечению безопасного ведения и охране недр. После завершения добычных работ составляется акт, в котором приводят исходные балансовые и забалансовые запасы отработанной части недр, количество погашенных запасов и добытых полезных ископаемых, нормативные и фактические значения потерь и разубоживания, а также другие показатели, характеризующие полноту, качество извлечения полезных ископаемых и компонентов из недр, состояние горных выработок. Ликвидация и консервация предприятия осуществляются по специальным проектам, согласованным с органами Госгортехнадзора Украины, другими заинтересованными органами и утвержденным в установленном порядке.

Рост объема добычи полезных ископаемых, особенно с помощью открытых разработок, приводит ежегодно к изъятию из народнохозяйственного оборота многих гектаров ценных пахотных земель. Поэтому восстановление поверхности литосферы – одна из наиболее актуальных задач охраны окружающей среды. Рекультивация предусматривает создание оптимальных условий для жизнедеятельности биогенноза и придание наилучших форм использования того или иного затронутого техногенным процессом участка земной поверхности.

Различают три основные стадии рекультивации – горнотехническую, биологическую и строительную.

Горнотехническая рекультивация – предварительная подготовка нарушенных территорий для целевого использования. Сюда входят работы по планировке поверхности, покрытию ее слоем почвы, проведению необходимых меліоративных мероприятий (дренаж, известкование кислых ґрунтов и т.д.), а также подготовка участ-

Біологічна рекультивация, наступна за гірничотехнічною, входить, перш за все, в круг діяльності агротехніків, ботаніків і біологів. Їх завдання полягає в створенні на раніше порушених ділянках пасовищ, ріллі, садів, лісів, риболовецьких водоймищ.

Завершуючою стадією рекультивацийних заходів можуть стати роботи, звані будівельною рекультивацией. Вона проводиться на порушених територіях для створення промислових і житлових районів, зон відпочинку. Такі заходи входять у функції будівельних організацій. Безумовно, капітальне будівництво економічно доцільно розміщувати саме на непридатних для сільського господарства площах.

Таким чином, головні вимоги до охорони надр передбачають: забезпечення комплексного еколого-геологічного вивчення надр; повне витягання і раціональне використання основних і супутніх корисних копалини; виключення шкідливого впливу робіт, що виконуються при вивченні і розробці надр на збереження запасів корисних копалини або погіршення їх якості. Необхідний, таким чином, екологічний моніторинг, метою якого є контроль, оцінка стану і прогнозів зміни геологічних, гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов під впливом різних чинників, до яких, перш за все, відноситься гірське виробництво. Цей екологічний моніторинг передбачає створення мережі наглядових пунктів і експериментальних полігонів по вивченню поверхневих і інших змін земної кори. Спостереження за надрами Землі в даний час неможливі без використання дистанційних методів за допомогою літаків і космічних апаратів. Застосування їх відтворює найбільш широку картину

ков для освоєння (проведення дорог, створення водойм) і предупредительные инженерно-геологические работы (противопожарные и противоосадочные).

Биологическая рекультивация, следующая за горнотехнической, входит, прежде всего, в круг деятельности агротехников, ботаников и биологов. Их задача состоит в создании на ранее нарушенных участках пастбищ, пашен, садов, лесов, рыболовных водоемов.

Завершающей стадией рекультивационных мероприятий могут стать работы, называемые строительной рекультивацией. Она производится на нарушенных территориях для создания промышленных и жилых районов, зон отдыха. Такие мероприятия входят в функции строительных организаций. Безусловно, капитальное строительство экономически целесообразно размещать именно на непригодных для сельского хозяйства площадях.

Таким образом, главные требования к охране недр предусматривают: обеспечение комплексного эколого-геологического изучения недр; полное извлечение и рациональное использование основных и сопутствующих полезных ископаемых; исключение вредного влияния работ, выполняемых при изучении и разработке недр на сохранность запасов полезных ископаемых или ухудшение их качества. Необходимо, таким образом, экологический мониторинг, целью которого является контроль, оценка состояния и прогнозов изменения геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий под влиянием различных факторов, к которым, прежде всего, относится горное производство. Этот экологический мониторинг предусматривает создание сети наблюдательных пунктов и экспериментальных полигонов по изучению поверхностных и иных

стану літосфери в даний момент. Наприклад, крупні гірничодобувні комплекси і зони їх впливу на навколишнє середовище на аерокосмічних знімках мають світліший фототон і колір за рахунок відмінності відбивних і випромінювальних властивостей решти ландшафту. Кар'єри, відвали і під'їзні шляхи виразно проступають на знімках, знятих навесні, коли починає сходити сніжний покрив. Оскільки наявність копальні впливає на режим поверхневих і підземних вод, що пов'язане з розвитком рослинного покриву, будь-які зміни чітко визначаються при дистанційній зйомці.

Ведеться, таким чином, безперервний контроль за техногенними і ландшафтними змінами і цей моніторинг направлений на рішення насущних завдань екологічної геології і раціонального природокористування.

#### *Контрольні питання до глави VII*

1. Що таке екологічна геологія, які її об'єкти і методи досліджень?
2. Земна кора, її вік і особливості.
3. Роль мінеральних ресурсів в розвитку людського суспільства.
4. Антропогенний ландшафт і його основні особливості.
5. Що таке раціональне використання мінерально-сировинних ресурсів, приклади?
6. Як здійснюється ліквідація і консервація гірських підприємств.
7. Рекултивация і її основні стадії.

изменений земной коры. Наблюдения за недрами Земли в настоящее время невозможны без использования дистанционных методов с помощью самолетов и космических аппаратов. Применение их воссоздает наиболее широкую картину состояния литосферы в данный момент. Например, крупные горнодобывающие комплексы и зоны их влияния на окружающую среду на аэрокосмических снимках имеют более светлый фототон и цвет за счет отличия отражательных и излучательных свойств остального ландшафта. Карьеры, отвалы и подъездные пути отчетливо проступают на снимках, отснятых весной, когда начинает сходить снежный покров. Поскольку наличие рудника влияет на режим поверхностных и подземных вод, что связано с развитием растительного покрова, любые изменения четко определяются при дистанционной съемке.

Ведется, таким образом, непрерывный контроль за техногенными и ландшафтными изменениями и этот мониторинг направлен на решение насущных задач экологической геологии и рационального природопользования.

#### *Контрольные вопросы к главе VII*

1. Что такое экологическая геология, какие её объекты и методы исследований?
2. Земная кора, её возраст и особенности.
3. Роль минеральных ресурсов в развитии человеческого общества.
4. Антропогенный ландшафт и его основные особенности.
5. Что такое рациональное использование минерально-сырьевых ресурсов, примеры?
6. Как осуществляется ликвидация и консервация горных предприятий.

8. Що таке гірничотехнічна рекультивация?

9. Біологічна і будівельна рекультивация, їх головні особливості.

10. Екологічний моніторинг і його завдання.

7. Рекультивация и её основные стадии.

8. Что такое горнотехническая рекультивация?

9. Биологическая и строительная рекультивация, их главные особенности.

10. Экологический мониторинг и его задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас. Геологія і корисні копалини України М 1:5000000/Гол.ред.Л.С.Галецький. Київ, 2001, 168с.

2. Бондарчук В.Г. Геология месторождений полезных ископаемых Украины. –К.: Наукова думка, 1966 (на укр.яз.).

3. Виноградов Г.Ф., Гелета А.М., Гринченко и др. Неметаллические полезные ископаемые Украины//ВПЦ Киевский университет, 2003, 213с. (на укр.яз.).

4. Иванов Г.А. Угленосные формации//Л.: Наука, 1967, 463с.

5. Кельман Г.А., Болтырев В.Б. Основы геологии//М.: Недра, 1991, 287с.

6. Курс рудных месторождений/В.И.Смирнов, А.И.Гинзбург, В.М.Григорьев, Г.Ф.Яковлев. –М.: Недра, 1986, 360с.

7. Курс месторождений твердых полезных ископаемых/Под ред. П.М.Татарина, А.Е.Карякина. –Л.: Недра, 1975, 0631с.

8. Месторождения металлических полезных ископаемых/В.В.Авдонин, В.Е.Бойцов, В.М.Григорьев и др. –М.: ЗАО «Геоинформарк», 1992, -269с.

9. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика//М.: Недра, 1991, 363с.

10. Нетрадиционные виды полезных ископаемых. –Киев: Геоинформ, 2000.

11. Рудные месторождения СССР/Под ред. В.И.Смирнова, т.1, 2, 3. –М.: Недра, 1974, 328; 392; 472с.

12. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых/-М.: Недра, 1989, с.326.

13. Смольников Н.А. Практическое руководство по минералогии. –М.: Госгеолтехиздат, 1955, с.432.

14. Татарин П.М. Условия образования рудных и нерудных полезных ископаемых. –М.: Недра, 1963, 370с.

15. Черноусов Я.М. геология угольных месторождений. Киев, Вища школа, 1977, 176с.

16. Mining Annual Review 2002. The Minig Journal Ltd London, 296p.