

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т.В. Кезина
«_____» _____ 2010г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
по дисциплине «Промышленные типы месторождений
полезных ископаемых»**

для специальности 130301 (Геологическая съемка, поиски и разведка
месторождений полезных ископаемых)

Составитель: Авраменко С.М., ст.преподаватель кафедры ГиП

Благовещенск 2010 г.

*Печатается по
Решению редакционно-
Издательского совета
Амурского государственного
Университета*

С.М. Авраменко

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» для студентов очной и заочной формы обучения специальности 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2010. – с.144

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной формы обучения по 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» при освоении дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых».

@ Амурский государственный университет

СОДЕРЖАНИЕ

1.1 Программа дисциплины.....	4
2.1.2 Рабочая программа	4
2.1.3 Самостоятельная учебная работа студентов	22
2.1.4 Методические рекомендации по проведению практических занятий	23
2.1.5 Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий	23
2.1.6 План-конспект лекций по дисциплине	23
2.1.7 Методические указания по выполнению курсовых проектов.....	136
2.1.8 Методические указания по выполнению лабораторных работ	136
2.1.9 Методические указания к практическим (и семинарским) занятиям	136
2.1.10 Методические указания по выполнению домашних заданий и контрольных работ	137
2.1.11 Перечень программных продуктов используемых практической деятельности выпускников	137
2.1.12 Методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины.....	137
2.1.13 Методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов	137
2.1.14 Комплекты заданий для практических работ	137
2.1.15 Перечень вопросов к экзамену	137
2.1.16 Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава	144

1.1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Промышленные типы месторождений полезных ископаемых

Образовательный стандарт. Рудные формации и промышленные типы месторождений; общая характеристика и применение в народном хозяйстве типов месторождений: железа, марганца, хрома, титана, ванадия, никеля, кобальта, молибдена, вольфрама, меди, свинца, цинка, серебра, олова, сурьмы, ртути, алюминия, платины, золота, урана, редких и рассеянных элементов, алмазов, графита, слюд, пьезокварца, исландского шпата, ограночных и поделочных камней, асбеста, талька, флюорита, барита и виверита, фосфатного сырья, солей, гипса и ангидрита, бора, самородной серы, магнезита, глин, песчаных пород, карбонатных пород, кремнистых пород, естественных строительных камней, угля, горючих сланцев, нефти, асфальтитов.

Виды учебной работы	Семестр VII Дневная форма обучения (часы)	Семестр VII Заочная форма обучения (часы)
Общая трудоемкость дисциплины	170	170
Аудиторные занятия	90	18
Лекции	36	10
Практические занятия	36	6
Семинары	-	-
Лабораторные работы	18	2
Самостоятельная работа	80	152
Курсовой проект (работа)	-	-
Расчётно-графические работы	-	-
Рефераты	-	-
Контрольные работы	-	1
Вид итогового контроля	экзамен	экзамен

2.1.2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Промышленные типы месторождений полезных ископаемых»

Цель дисциплины. «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» являются одной из основополагающих общепрофессиональных дисциплин в образовательной программе подготовки дипломированного специалиста - горного инженера. Они базируются на знаниях, полученных в процессе изучения дисциплин: естественнонаучных (физики, химии, геохимии),

обще профессиональных (общей, исторической, структурной геологии) и специальных (минералогии, петрографии, основы учения о полезных ископаемых и формационного анализа). В свою очередь, эта дисциплина служит теоретической основой для выделения промышленных типов месторождений полезных ископаемых, а также служит информационным полем для ряда других специальных дисциплин

- **Задачи изучения дисциплины.**

В курсе рассматривается группа металлических, неметаллические и горючие полезные ископаемые.

В разделе «Металлические полезные ископаемые» рассматриваются геолого-промышленные типы рудных месторождений черных, цветных, благородных, редких и радиоактивных металлов. Для каждого металла приводятся общие сведения (история освоения, области применения, ресурсы, масштаб запасов, объем добычи), данные по геохимии и минералогии руд. Характеристика каждого геолого-промышленного типа включает генетические особенности, геологические обстановки формирования и локализации, связь с геологическими формациями, роль в мировых запасах и добыча. Детально рассматриваются примеры наиболее важных российских и зарубежных месторождений. Для каждого металла приводятся сведения о геотектонических и геодинамических условиях размещения месторождений, металлогенических эпохах, принципах прогнозирования.

Раздел «Неметаллические полезные ископаемые» является, завершающей частью общего курса «Полезные ископаемые». Он состоит из пяти разделов, соответствующих группировке неметаллических и горючих полезных ископаемых по производственным признакам: топливно-энергетическое, химическое и агрономическое, индустриальное, индустриально-каменсамоцветное сырье, строительные материалы и сырье для их производства. Каждый раздел включает характеристику важнейших видов полезных ископаемых и их месторождений. В разделе «Топливо-энергетическое сырье», кроме того, кратко излагаются основные современные проблемы геологии горючих ископаемых, основы прогноза, поисков и разведки месторождений нефти, газа, угля.

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения курса «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых».

Успешное освоение материалов рассматриваемой дисциплины требует базовых знаний следующих геологических дисциплин: общей геологии, структурной геологии, минералогии, петрографии, основы учения о полезных ископаемых.

Курс «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» разработан по учебному плану и включает 36 часов лекций, 36 часов практических работ и 18 часов лабораторных занятий.

Содержание учебного материала

№ № пп	Содержание проводимого занятия	Лек- ция	Пр. раб.	Лаб . Раб.
1	<p>ВВЕДЕНИЕ. Понятие о геолого-промышленных типах рудных месторождений. Связь месторождений с геологическими формациями.</p> <p>Тема 1.МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ. Геолого-промышленные типы месторождений руд черных металлов.</p> <p>Железо. Ведущие геолого-промышленные типы и их роль в мировом балансе запасов и добычи железа. Общие закономерности размещения железорудных месторождений.</p> <p>Марганец. Основные геолого-промышленные типы месторождений. Качество руд и промышленное значение осадочных морских, вулканогенно-осадочных месторождений выветривания.</p> <p>Хром. Хромитоносные геологические формации. Раннемагматические, позднемагматические, россыпные месторождения.</p> <p>Титан. Магматические месторождения - в расслоенных массивах, в офиолитах, в массивах анортозитовой и габбро-анортозитовой формаций.</p> <p>Вулканогенно-осадочные, россыпные, метаморфогенные месторождения и месторождения выветривания.</p> <p>Лигирующие металлы</p> <p>Ванадий. Типы месторождений собственно ванадиевых и ванадийсодержащих руд.</p>	2	2	2
2	<p>Тема 2. Геолого-промышленные типы месторождений руд цветных металлов.</p> <p>Алюминий. Геолого-промышленная классификация и формационная позиция месторождений бокситов. Небокситовое алюминиевое сырье.</p> <p>Магний. Основные источники промышленного получения магния.</p> <p>Никель. Сульфидные медно-никелевые месторождения - типы, их зависимость от петрохимических свойств рудоносных формаций. Месторождения кор выветривания. Гидротермальные месторождения.</p>	4	4	2

	<p>Кобальт. Главные типы кобальтоносных месторождений.</p> <p>Медь. Геолого-промышленные типы медных месторождений. Магматические, вулканогенные, осадочные меденосные формации; зависимость состава руд месторождений от особенностей рудоносных формаций.</p> <p>Свинец и цинк. Геолого-промышленные типы свинцово-цинковых месторождений. Эволюционные ряды колчеданно-полиметаллических месторождений.</p> <p>Олово. Разнообразие геолого-промышленных типов месторождений олова. Собственно оловянные и комплексные руды.</p> <p>Вольфрам. Геолого-промышленные типы, продуктивные (рудогенерирующие) формации.</p> <p>Молибден. Ведущие геолого-промышленные типы. Эволюционные ряды эндогенных месторождений олова, вольфрама, молибдена.</p> <p>Висмут. Геолого-промышленные типы собственно висмутовых и висмутосодержащих месторождений.</p> <p>Ртуть и сурьма. Главные геолого-промышленные типы месторождений ртутных, сурьмяно-ртутных, сурьмяных руд.</p>			
3	<p>Тема 3. Геолого-промышленные типы месторождений руд благородных металлов.</p> <p>Золото. Рудогенерирующие формации золоторудных месторождений. Ведущие геолого-промышленные типы.</p> <p>Серебро. Геолого-промышленные типы собственно серебряных месторождений. Серебросодержащие месторождения.</p> <p>Платиноиды. Главные геолого-промышленные типы месторождений платиноидов.</p>	6	6	2
4	<p>Тема 4. Введение.</p> <p>Области промышленности, использующие неметаллические полезные ископаемые. Требования к качеству неметаллического сырья и характеристика технологии его переработки; масштабы потребления в различных областях производства и предпринимательской деятельности. Перспективы и темпы роста добычи</p>	8	8	4

различных видов неметаллического сырья, их мировые минерально-сырьевые базы. Обеспеченность России соответствующим неметаллическим сырьем (запасы и ресурсы); задачи геолого-разведочных работ.

Значение нефти, газа и угля в экономике, их место в топливно-энергетическом балансе. Распределение энергетического сырья по странам и континентам, Динамика добычи нефти, Запасы, ресурсы. Прогноз на ближайшее десятилетие.

Общая классификация месторождений. Характерные генетические особенности главнейших видов неметаллических и горючих полезных ископаемых, особенности их морфологии и условий залегания.

Группы полезных ископаемых по производственным признакам: горючие (топливно-энергетическое сырье), химическое и агрономическое, индустриальное, индустриально-каменсамоцветное сырье, строительно-конструкционные материалы и сырье для их производства.

Тема 5. Топливо-энергетическое сырье (горючие полезные ископаемые).

1. Состав и свойства нефти и газа. Состав нефти: элементный, компонентный, фракционный, изотопный. Углеводородный состав нефти: алканы, цикланы, арены. Неуглеводородные компоненты нефти; смолы, асфальтены. Хемофоссилии. Физические свойства нефти, их связь с химическим составом. Основные классификации нефти. Состав и физические свойства природных газов. Классификация природных газов. Конденсаты, конденсатные системы. Газогидраты. Твердые нефтиды - продукты природного преобразования нефти, их классификация, состав, свойства.

2. Условия образования нефти и газа. Горючие полезные ископаемые - наследие биосфер прошлого. Состав современной биосферы. Биомасса и биопродукция. Круговорот углерода в природе. Состав вещества живых организмов; белки, углеводы, липиды, лигнин. Природные ассоциации и их отражение в составе биомассы в геологической истории. Формы нахождения органического вещества (ОВ) в природе. Состав

ОВ; растворимые и нерастворимые компоненты: битумоиды, гуминовые кислоты, нерастворимое органическое вещество (НОВ), кероген. Генетические типы ОВ, типы керогена. Преобразование ОВ в седиментогенезе и диагенезе. Автохтонное и аллохтонное ОВ в бассейне седиментации. Факторы, определяющие скорость накопления ОВ. Геохимические фации и критерии их выделения. Биохимический этап преобразования ОВ. Бактериальные маты и их роль в накоплении ОВ. Формирование основных фракций ОВ. Эволюция органического вещества в катагенезе. Основные шкалы катагенеза. Факторы катагенеза. Понятие о главной зоне и главной фазе нефтеобразования и фазах газообразования. Нефтегазоматеринские и нефтепроизводящие толщи, принципы их диагностики. Понятие о нефтегазоматеринском потенциале ОВ; свиты, толщи, формации. Основные положения осадочно-миграционной теории нефтеобразования Н.Б.Вассоевича. Современные модели нефтеобразования. Неорганические гипотезы образования нефти и газа.

3. Природные резервуары. Условия залегания нефти и газа в недрах. Коллекторы и флюидоупоры. Емкостные свойства коллекторов. Пористость, ее виды. Факторы, определяющие емкостные свойства. Фильтрационные свойства пород; проницаемость фазовая, относительная. Закон Дарси. Виды и типы коллекторов - первичные, вторичные; поровые, трещинные, кавернозные, биоуплотненные; терригенные, карбонатные, вулканогенные. Связь емкостных и фильтрационных свойств; нетрадиционные коллекторы: глинистые, карбонатные, кремнистые. Флюидоупоры, их типы. Региональные, зональные, локальные флюидоупоры. Факторы, снижающие свойства флюидоупоров. Нефтегазоносные комплексы, их типы. Природные резервуары и их типы: пластовые, массивные, ограниченные со всех сторон.

4. Миграция нефти и газа. Виды и типы миграции. Силы, обуславливающие перемещение нефти и газа. Давление геостатическое, гидростатическое, динамическое; гравитационные силы, моле-

кулярные и капиллярные. Первичная миграция - эмиграция. Формы первичной миграции. Роль воды и газа в первичной миграции. Вторичная миграция - перемещение флюида в коллекторе; факторы, формы, скорость, дальность. Роль геологических факторов во вторичной миграции.

5. Аккумуляция нефти и газа. Экраны, виды и типы природных экранов: литологические, тектонические, гидродинамические. Ловушки, основное условие их формирования. Генетическая и морфологическая классификация ловушек. Залежи нефти и газа. Классификация залежей по типу ловушки, по составу флюидов, по режиму.

6. Месторождения нефти и газа. Классификация месторождений нефти и газа. Месторождения платформенных и складчатых областей, особенности строения, гигантские месторождения России, мира. Зональность в распределении нефти и газа. Представление о возрасте и продолжительности формирования месторождений (залежей). Разрушение залежей нефти и газа.

7. Закономерности распространения нефти и газа в земной коре. Нефтегеологическое районирование, нефтегазоносные провинции, нефтегазоносные пояса. Нефтегазоносные бассейны (НГБ) - основной элемент нефтегеологического районирования. Районирование НГБ: нефтегазоносные области, ареалы зон нефтегазонакопления, зоны нефтегазонакопления, месторождения. Типы зон нефтегазонакопления. Классификация нефтегазоносных бассейнов. Основные нефтегазоносные бассейны России, СНГ, мира (Западно-Сибирский, Тимано-Печорский, Прикаспийский, Волго-Уральский, Персидского залива). Пространственное распределение скоплений нефти и газа по странам, континентам, стратиграфическому разрезу.

8. Твердые горючие ископаемые. Свойства и состав твердых горючих ископаемых (торф, уголь, горючий сланец). Марочный состав. Изменение химического состава и физических свойств углей в ряду метаморфизма. Петрология углей и горючих сланцев. Сапропелиты, их типы. Условия образования угленосной толщи, пластов углей (горючих сланцев). Понятие об угленосных

	<p>формациях и фациях. Угленосные формации платформ, краевых прогибов, межгорных впадин. Закономерности распределения твердых горючих ископаемых в земной коре. Пояса углеобразования. Крупнейшие угольные бассейны России, СНГ, мира. Бассейны и месторождения горючих сланцев СНГ. Запасы углей, горючих сланцев в России, СНГ, мире. Направления использования. Твердые горючие ископаемые - сырье для получения жидких топлив, редких и рассеянных элементов.</p>			
5	<p>Тема 6. Химическое и агрономическое сырье.</p> <p>1. Апатит-нефелиновые магматические (Хибинский щелочной массив), апатит-редкометалльные и апатит-редкометалльно-магнетитовые карбонатитовые (Сокли, Сиилиярви в Финляндии), апатит-франколит-редкометалльные кор выветривания (Белая Зима, Ковдор) месторождения. Диагенетически-осадочные месторождения микрозернистых (бассейн Каратау, Казахстан), зернистых (Северная Африка и Малая Азия), желваковых (Егорьевское, Вятско-Камские), галечниковых (Флорида, США) и ракушечно-детритовых (Раквере, Эстония) фосфоритов. Попутное извлечение фтора при переработке апатитовых руд и фосфоритов.</p> <p>2. Сера. Ее свойства и применение, геохимический цикл. Промышленные источники получения серы и серных соединений. Главнейшие типы месторождений самородной серы, условия их образования и закономерности размещения: вулканогенный импрегнационно-метасоматический гидротермальный (Тихоокеанский вулканический пояс), стратиформный биохимически-осадочный (Среднее Поволжье, Западный Техас в США, Гаурдак в Туркмении, Предкарпатский бассейн в Польше и на Украине, остров Сицилия, Мишрак в Ираке) и связанный с ним солянокупольный (Мексиканский залив).</p> <p>3. Бор. Его природные соединения и геохимический цикл, применение в промышленности. Главнейшие генетические и геолого-промышленные типы месторождений - известково- и магнезиально-скарновый</p>	4	4	2

	<p>(Дальнегорское, Таежное месторождение), вулканогенно-осадочный (США, Турция, Аргентина), галогенно-осадочный и галогенно-остаточный (Прикаспийская впадина).</p> <p>4. Натриевые, калийные и калийно-магниевые соли. Химический и минеральный состав, области применения и требования промышленности (ГОСТ). Геохимические циклы натрия, калия, магния и хлора; галогенез. Ископаемые и современные (осадочная соль и рапа) месторождения. Пластовые и солянокупольные осадочные месторождения каменной (Бахмутское, Илецкое), калийно-магниевых хлоридных (Верхнекамский, Припятский и Саскачеванский бассейны) и сульфатных (Предкарпатский и Северо-Германский бассейны) солей. Современные сульфатные (Кара-Богаз-Гол, Кучук, Джаксы-Клыч) и карбонатные (оз. Серлз) бассейны как основной источник добычи мирабилита, тенардита, астраханита, соды и др. солей.</p>			
6	<p>Тема 7. Индустриальное сырье (месторождения минералов).</p> <p>1. Асбест. Его разновидности, состав, строение, физические и технологические свойства, использование в промышленности. ГОСТ, промышленные сорта и марки асбестов. Геологические условия образования и нахождения; представления о генезисе. Группировка месторождений хризотил-асбеста (Баженовское, Молодежное, Аспогашское, месторождения Канады, штата Аризона в США), антофиллит-асбеста (Сысертское, Бугетысайское), амозит- и крокидолит-асбестов (ЮАР) по формационным признакам.</p> <p>2. Слюда. Ее промышленные разновидности, состав, физические и технологические свойства, использование в промышленности. Добыча и обработка, ГОСТ и сортность слюдяного сырья. Пегматитовые и метаморфогенные месторождения мусковита (Мамско-Чуйские, Карело-Кольские, месторождения Индии, Бразилии, Зимбабве), карбонатитовые (Ковдор,</p>	4	4	2

<p>Гулинское, Маган, месторождения ЮАР, Бразилии, Канады) и скарновые (Алданские, Слюдянка, месторождения на Памире, в Канаде) - флогопита, коры выветривания (Ковдор, месторождения США и ЮАР) - вермикулита. Аляскитовые граниты (Спрус-Пайн в США) и грейзеновые редкометалльные месторождения как промышленный источник мелкочешуйчатого мусковита. Искусственное получение флогопита.</p> <p>3. Графит. Состав, природные разновидности, физические и технологические свойства, применение в промышленности. Получение искусственного графита. Магматические (Ботогольское), пегматитовые (Шри-Ланка) и скарновые (Блэк-Дональд в Канаде) месторождения плотнокристаллического графита, метаморфогенные (Завальевское и др. на Украине, Тайгинское) - чешуйчатого графита, контактово-метаморфические (Ногинское, Курейское) - скрытокристаллического графита.</p> <p>4. Флюорит (плавиковый шпат). Состав, физические и технологические свойства, области применения и промышленные сорта. Минеральные типы руд. Пегматитовые месторождения с оптическим флюоритом (Центральный Казахстан); флюоритсодержащие редкометалльные грейзеновые, флюоритовые и барит-флюоритовые гидротермальные (Вознесенское, Калангуйское, месторождения Мексики и Монголии) и стратиформные (Таскайнар, Аурахматские, Морван во Франции) месторождения.</p> <p>5. Барит (тяжелый шпат) и витерит. Их состав, физические и технологические свойства, применение в промышленности. Гидротермальные жильные (Туркмения, Грузия), стратиформные, в том числе хемогенно- и вулканогенно-осадочные (Апшринское в Грузии, Чиганак в Казахстане, Магнет-Ков в США, Сильвермайнс в Ирландии) и песчано-валунчатые остаточные кор выветривания (штаты Миссури и Джорджия в США, Джалаирское в Казахстане, Медведевское) месторождения барита; комплексные барит-полиметаллические и технологические свойства, важнейшие области применения в промышленности. Изменение</p>			
--	--	--	--

	<p>свойств природных и получение синтетических цеолитов. Диагенетически-осадочные морские месторождения клиноптилолита и морденита (Итая в Японии, Айдагское в Азербайджане), озерные - филлипсита, клиноптилолита и эрионита (Калифорния, Восточная Африка).</p> <p>6. Магнезит и брусит. Их состав, физические и технологические свойства, применение в промышленности. Стратиформные месторождения кристаллического магнезита в карбонатных толщах (Саткинские, Савинское, Удерейское, Северо-Восточный Китай), штокверково-жильные инфильтрационные и гидротермальные - криптокристаллического магнезита в ультра-базитах (Халиловское, Греция, Турция, Индия), контактово-метаморфические месторождения брусита и бруситовых мраморов (Кульдурское, Китай, Канада).</p> <p>7. Тальк и тальковый камень, пирофиллит. Их состав, физические и технологические свойства, области применения, требования промышленности к качеству сырья. Гидротермально-метасоматические (Онотское, Светлоключевское, Киргитейское, Кудауа в Австралии, США, Китай) и метаморфогенные (Шабровское, Миасская провинция, Карелия, Финляндия, США) месторождения талька и талькового камня. Остаточные (элювиальные) месторождения порошковатых талькитов (Алгуйское, Киргитейское, Запываловское); гидротермальные и метаморфогенные месторождения пирофиллита (Куль-Юрт-Тау).</p>			
7	<p>Тема 8. Индустриально-камнесамоцветное сырье (месторождения кристаллов, их агрегатов, скрытокристаллических веществ).</p> <p>1 Пьезооптическое сырье. Пьезотехнические, оптические и ювелирные свойства кристаллов; требования промышленности к их качеству. Пегматитовые, гидротермальные, элювиально-делювиальные и аллювиальные месторождения горного хрусталя и другого кристаллокварцевого сырья (Урал, Алдан, Украина, Казахстан, Бразилия, Монголия, Китай); гидротермально-метаморфические месторождения грану-</p>	4	4	2

	<p>лированного кварца (Кыштымские, Маукское, Кузнечихинское); пегматитовые и гидротермальные месторождения оптического флюорита (Центральный Казахстан); гидротермальные (Нижнетунгусская и Тиманская провинции, Южная Африка, Индия) и телетермальные (Южный Тянь-Шань и Северный Кавказ) месторождения исландского шпата.</p> <p>2. Алмазы. Их состав, физические, технологические и ювелирные свойства, сортность, применение. Магматические (кимберлитовые и лампроитовые) и россыпные (элювиальные, элювиально-делювиальные, аллювиальные и морские) месторождения. Главнейшие алмазоносные провинции мира (Якутская, Беломорская, Южноафриканская, Австралийская и др.). Синтетические алмазы.</p> <p>3. Цветные камни. Их минералогические и геммологические классификации. Россыпные, скарновые, пегматитовые и метаморфогенные месторождения рубина и сапфира (Бирма, Шри-Ланка, Австралия, Индия, Таиланд, США, Пакистан, Афганистан), пегматитовые и аллювиальные - аквамарина (США, Бразилия, Колумбия), грейзеновые и гидротермальные - изумруда (Урал, Колумбия, Зимбабве, ЮАР, Индия, Бразилия, Афганистан), аллювиальные, пегматитовые и грейзеновые месторождения с александритом (Бразилия, Шри-Ланка, Мадагаскар, США, Зимбабве, ЮАР, Индия, Пакистан, Урал) и ювелирным топазом (Украина, США, Бразилия, Мадагаскар). Месторождения благородных опалов в корах выветривания (Австралия). Промышленный синтез камнесамоцветного сырья. Техническое использование цветных камней.</p>			
8	<p>Тема 9. Строительно-конструкционные материалы и сырье для их производства (месторождения магматических, осадочных и метаморфических горных пород).</p> <p>1. Цементное сырье (карбонатные и глинистые породы). Состав и химико-техническая характеристика цементной шихты. Модули.</p>	4	4	2

Породы карбонатной составляющей цементной шихты: известняки, мел, мергели. Силикатные породы как часть шихты: глины, глинистые сланцы, активные минеральные добавки. Мергели-натуралы. Сравнительная характеристика Новороссийских и Вольских месторождений цементного сырья. Определяющие факторы промышленной оценки месторождений цементного сырья. Добавки в цемент для улучшения его свойств: пуццоланы, опоки, трепелы, сульфатные породы и их главнейшие месторождения. Масштабы производства цемента в России и в мире.

2. Керамическое сырье (каолины, глины, керамические пегматиты, граниты, фарфоровые камни и др. породы). Главнейшие геолого-промышленные типы месторождений керамического сырья. Состав шихты для различных видов керамических изделий. Месторождения каолинов Великобритании, керамических пегматитов Финляндии, Сыннырское и Сакунское месторождения сынныритов. Гусерское месторождение фарфорового камня и др.

3. Стекольное сырье (кварцевые пески, песчаники и кварциты). Состав и химико-технологическая характеристика стекольной шихты. Силикатное стекло, растворимое стекло, ситаллы. Главнейшие геолого-промышленные типы стекольного кварцевого сырья. Месторождения кварцевых песков - Егановское, кварцевых и кварцито-видных песчаников - Черемшанское и др. Классификация по гранулометрическому и минеральному составу. Масштабы их добычи и области использования. Главнейшие генетические типы песчано-гравийных месторождений. Сычевское месторождение валунно-песчано-гравийных отложений. Строительные и облицовочные камни. Мраморы, граниты, лабрадориты, кварциты, известняки, туфы и др. породы. Получение глыб, блоков, пильной продукции со шлифовкой и полировкой - главнейшие стадии в обработке облицовочных материалов. Особенности оценки месторождений и их разработки. Шокшинское месторождение кварцитов, Коелгинское месторождение мраморов, Арктикское место-

	<p>рождение туфов (Армения), Бодракское месторождение известняков (Крым, Украина) и др.</p> <p>4. Легкие заполнители бетонов. Месторождения пород, используемых для получения легких строительных материалов (глины, шунгитовые сланцы, перлиты, кремнистые породы, гидрослюды и др.). Ельдигинское месторождение керамзитовых глин, шунгитовые месторождения Карелии, месторождения перлита в Нью-Мехико (США) и др.</p> <p>5. Сырье для каменного литья (диабазы, габбро-диабазы, базальты, амфиболиты). Особенности исследования и оценки месторождений. Месторождения габбро-диабазов Прионежья.</p>			
	ИТОГО	36	36	18

Образец экзаменационного билета

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ		
Утверждено на заседании кафедры	Факультет ИФ	
Кафедра ГиП	Специальность 130301	
« » 2010г.	Курс 4	
	Дисциплина	
Зав. кафедрой Т.В. Кезина	Основы учения о ПИ	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1		
<p>1. Железо. Ведущие геолого-промышленные типы и их роль в мировом балансе запасов и добычи железа. Общие закономерности размещения железорудных месторождений.</p> <p>2. Сера. Ее свойства и применение. Промышленные источники получения серы и серных соединений. Главнейшие типы месторождений самородной серы, условия их образования и закономерности размещения</p>		

Вопросы к экзамену

Промышленные типы металлические полезных ископаемых

2. Железо. Ведущие геолого-промышленные типы и их роль в мировом балансе запасов и добычи железа. Общие закономерности размещения железорудных месторождений.

3. Марганец. Основные геолого-промышленные типы месторождений. Качество руд и промышленное значение осадочных морских, вулканогенно-осадочных месторождений выветривания.

4. Хром. Хромитоносные геологические формации.

Раннемагматические, позднемагматические, россыпные месторождения.

5. Титан. Магматические месторождения - в расслоенных массивах, в офиолитах, в массивах анортозитовой и габбро-анортозитовой формаций. Вулканоогенно-осадочные, россыпные, метаморфогенные месторождения и месторождения выветривания.

6. Ванадий. Типы месторождений собственно ванадиевых и ванадийсодержащих руд.

7. Алюминий. Геолого-промышленная классификация и формационная позиция месторождений бокситов. Небокситовое алюминиевое сырье.

8. Магний. Основные источники промышленного получения магния.

9. Никель. Сульфидные медно-никелевые месторождения - типы, их зависимость от петрохимических свойств рудоносных формаций. Месторождения кор выветривания. Гидротермальные месторождения.

10. Кобальт. Главные типы кобальтоносных месторождений.

11. Медь. Геолого-промышленные типы медных месторождений. Магматические, вулканоогенные, осадочные меденосные формации; зависимость состава руд месторождений от особенностей рудоносных формаций.

12. Свинец и цинк. Геолого-промышленные типы свинцово-цинковых месторождений. Эволюционные ряды колчеданно-полиметаллических месторождений.

13. Олово. Разнообразие геолого-промышленных типов месторождений олова. Собственно оловянные и комплексные руды.

14. Вольфрам. Геолого-промышленные типы, продуктивные (рудогенерирующие) формации.

15. Молибден. Ведущие геолого-промышленные типы. Эволюционные ряды эндогенных месторождений олова, вольфрама, молибдена.

16. Висмут. Геолого-промышленные типы собственно висмутовых и висмутсодержащих месторождений.

17. Ртуть и сурьма. Главные геолого-промышленные типы месторождений ртутных, сурьмяно-ртутных, сурьмяных руд.

18. Литий, цезий и рубидий. Ведущие геолого-промышленные типы эндогенных месторождений, рудоносные формации, геотектоническая позиция. Литийсодержащие минеральные воды.

19. Бериллий. Собственно бериллиевые и бериллийсодержащие месторождения.

20. Ниобий и тантал. Ряд геолого-промышленных типов эндогенных месторождений: танталовых, тантало-ниобиевых, ниобиевых. Коры выветривания; россыпные месторождения.

21. Цирконий и гафний. Прибрежно-морские россыпи. Эндогенные руды - источники попутных циркония и гафния.

22. Редкометалльные элементы и иттрий. Эндогенные месторождения, типы рудоносных формаций. Месторождения кор выветривания, россыпные, осадочные.

23. Рассеянные элементы. Основные типы месторождений, из руд которых попутно добываются рассеянные элементы.

24. Общие особенности размещения эндогенных редкометальных месторождений.

25. Золото. Рудогенерирующие формации золоторудных месторождений. Ведущие геолого-промышленные типы.

26. Серебро. Геолого-промышленные типы собственно серебряных месторождений. Серебросодержащие месторождения.

27. Платиноиды. Главные геолого-промышленные типы месторождений платиноидов.

28. Уран. Ведущие геолого-промышленные типы эндогенных, экзогенных, полигенных месторождений урана.

29. Торий. Геолого-промышленные типы месторождений - источники попутной добычи тория.

Промышленные типы неметаллических полезных ископаемых

1. Фосфатное сырье (Апатиты и фосфориты) Область применения, промышленные типы месторождений.

2. Сера. Ее свойства и применение. Промышленные источники получения серы и серных соединений. Главнейшие типы месторождений самородной серы, условия их образования и закономерности размещения

3. Бор. Его природные соединения и геохимический цикл, применение в промышленности. Главнейшие генетические и геолого-промышленные типы месторождений

4. Натриевые, калийные и калийно-магниевые соли. Химический и минеральный состав, области применения и требования промышленности (ГОСТ).

5. Асбест. Его разновидности, состав, строение, физические и технологические свойства, использование в промышленности. ГОСТ, промышленные сорта и марки асбестов. Геологические условия образования и нахождения; представления о генезисе.

6. Слюда. Ее промышленные разновидности, состав, физические и технологические свойства, использование в промышленности. Добыча и обработка, ГОСТ и сортность слюдяного сырья.

7. Графит. Состав, природные разновидности, физические и технологические свойства, применение в промышленности. Получение искусственного графита.

8. Флюорит (плавиковый шпат). Состав, физические и технологические свойства, области применения и промышленные сорта. Минеральные типы руд.

9. Барит (тяжелый шпат) и виверит. Их состав, физические и технологические свойства, применение в промышленности.

10. Магнезит и брусит. Их состав, физические и технологические свойства, применение в промышленности.

11. Тальк и тальковый камень, пиррофиллит. Их состав, физические и технологические свойства, области применения, требования промышленности к качеству сырья.

12. Пьезооптическое сырье. Пьезотехнические, оптические и ювелирные свойства кристаллов; требования промышленности к их качеству.

13. Алмазы. Их состав, физические, технологические и ювелирные свойства, сортность, применение.

14. Цветные камни. Их минералогические и геммологические классификации. Россыпные, скарновые, пегматитовые и метаморфогенные месторождения рубина и сапфира, пегматитовые и аллювиальные - аквамарина, грейзеновые и гидротермальные - изумруда, аллювиальные, пегматитовые и грейзеновые месторождения с александритом и ювелирным топазом. Месторождения благородных опалов в корях выветривания. Промышленный синтез камнесамоцветного сырья. Техническое использование цветных камней.

15. Цементное сырье (карбонатные и глинистые породы). Состав и химико-техническая характеристика цементной шихты. Модули. Масштабы производства цемента в России и в мире.

16. Керамическое сырье (каолины, глины, керамические пегматиты, граниты, фарфоровые камни и др. породы). Главнейшие геолого-промышленные типы месторождений керамического сырья. Состав шихты для различных видов керамических изделий. Месторождения каолинов Великобритании, керамических пегматитов Финляндии, Сыннырское и Сакунское месторождения сынныритов. Гусерское месторождение фарфорового камня и др.

17. Стекольное сырье (кварцевые пески, песчаники и кварциты). Состав и химико-технологическая характеристика стекольной шихты. Силикатное стекло, растворимое стекло, ситаллы. Главнейшие геолого-промышленные типы стекольного кварцевого сырья.

18. Легкие заполнители бетонов. Месторождения пород, используемых для получения легких строительных материалов (глины, шунгитовые сланцы, перлиты, кремнистые породы, гидрослюды и др.). Ельдигинское месторождение керамзитовых глин, шунгитовые месторождения Карелии, месторождения перлита в Нью-Мехико (США) и др.

19. Сырье для каменного литья (диабазы, габбро-диабазы, базальты, амфиболиты). Особенности исследования и оценки месторождений. Месторождения габбро-диабазов Прионежья.

20. Состав и свойства нефти и газа.

21. Условия образования нефти и газа.

22. Природные резервуары. Условия залегания нефти и газа в недрах. Коллекторы и флюидоупоры.

23. Миграция нефти и газа. Виды и типы миграции. Силы, обуславливающие перемещение нефти и газа. Давление геостатическое, гидростатическое, динамическое; гравитационные силы, молекулярные и капиллярные. Первичная миграция - эмиграция. Формы первичной миграции. Роль воды и газа в первичной миграции. Вторичная миграция - перемещение флюида в коллекторе; факторы, формы, скорость, дальность. Роль геологических факторов во вторичной миграции.

24. Аккумуляция нефти и газа. Экраны, виды и типы. Ловушки. Залежи нефти и газа. Классификация залежей по типу ловушки, по составу флюидов, по режиму.

25. Месторождения нефти и газа. Классификация месторождений нефти и газа. Разрушение залежей нефти и газа.

26. Закономерности распространения нефти и газа в земной коре. Нефтегеологическое районирование, нефтегазоносные провинции, нефтегазоносные пояса. Нефтегазоносные бассейны (НГБ).

27. Твердые горючие ископаемые. Свойства и состав твердых горючих ископаемых (торф, уголь, горючий сланец). Марочный состав. Изменение химического состава и физических свойств углей в ряду метаморфизма. Петрология углей и горючих сланцев. Сапропелиты, их типы.

Основные критерии оценки знаний студентов

Оценка	Полнота, системность, прочность знаний	Обобщенность знаний
5	Изложение полученных знаний в устной, письменной или графической форме, полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются единичные несущественные ошибки, самостоятельно исправляемые студентами	Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявление причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений; свободное оперирование известными фактами и сведениями с использованием сведений из других предметов
4	Изложение полученных знаний в устной, письменной и графической форме, полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются отдельные несущественные ошибки, исправляемые студентами после указания преподавателя на них	Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявление причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений, в которых могут быть отдельные несущественные ошибки; подтверждение изученного известными фактами и сведениями
3	Изложение полученных знаний неполное, однако, это не препятствует усвоению последующего программного материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя	Затруднения при выполнении существенных признаков изученного, при выявлении причинно-следственных связей и формулировке выводов
2	Изложение учебного материала неполное, бессистемное, что препятствует усвоению последующей учебной информации; существенные ошибки, неисправляемые даже с помощью преподавателя	Бессистемное выделение случайных признаков изученного; неумение производить простейшие операции анализа и синтеза; делать обобщения, выводы

Рекомендуемая литература по дисциплине

Основная:

1. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые (2-е изд. доп.). - М.: МГУ, 2004.
2. Коваль И.К. Геология полезных ископаемых (промышленные типы металлических полезных ископаемых) учебное пособие. Воронеж, 2004

3. Милютин А.Г. Геология и промышленные типы месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие в 3-х частях, часть I. Общая. - М.: ПАИМС, 1999 -80с.
4. Милютин А.Г. Геология. - Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2003
5. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых - Учебник для вузов, - М.: Недра, 1989-326с.
6. Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых. - Учебник для вузов. - М.: Изд. МГУ, 1997 - 304 с.
7. Месторождения металлических полезных ископаемых./ В.В. Авдонин, В.Е. Бойцов, В.М. Григорьев и др. - М.: ЗАО "Геоинформмарк", 1998 -269с.

Дополнительная:

1. Бакиров А.А. Геология и геохимия нефти и газа. - Учебник для вузов.- М.: Недра, 1995.
2. Милютин А.Г. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. -Учебник для вузов. - М.: Недра, 1989. - 296с.
3. Милютин А.Г., Андросова Н.К. Основы формационного анализа при прогнозировании полезных ископаемых. - Учебное пособие для вузов. - М.: МГОУ, 1996. -296с.
4. Основы металлогенического анализа при геологическом картировании. Металлогения геодинамических обстановок. - М., 1995 -486с. (Роскомнедра, Геокарт, МАНПО).
5. Сорохтин О.Г., Старостин В.И., Сорохтин Н.О. - Эволюция Земли и происхождения полезных ископаемых. Известия секции наук о Земле РАЕН. -М.: МГУ, 2001г., вып. 6, с.5-25.

2.1.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (80 ЧАСОВ)

Знакомство с основной и дополнительной литературой по дисциплине учебного курса «Полезные ископаемые».

Знакомство с научно-популярной литературой, а также с периодическими изданиями по основам геологии месторождений полезных ископаемых и минеральным ресурсам России и мира.

Поиск в Интернет новых данных по изучаемым разделам.

Темы для самостоятельного изучения:

1. Естественные строительные материалы (осадочные, магматические и метаморфические породы).
2. Сырье для получения легких заполнителей бетонов (глины, шунгиты, перлиты, кремнистые породы, гидрослюда).
3. Сырье для каменного литья (диабазы, габбро-диабазы, базальты, амфиболиты

и другие породы).

Перечень вопросов для проведения контрольной работы (см. вопросы к экзамену)

2.1.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задания к практическим работам выдаются преподавателем согласно рабочей программы дисциплины.

Быков И.Н., Коваль И.К. Геология месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие к лабораторным занятиям. Воронеж, 2003.

Уринбоев К. Методические указания и описание лабораторных работ по курсу «Промышленные типы МПИ». Ташкент, 2006.

2.1.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Быков И.Н., Коваль И.К. Геология месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие к лабораторным занятиям. Воронеж, 2003.

Уринбоев К. Методические указания и описание лабораторных работ по курсу «Промышленные типы МПИ». Ташкент, 2006.

2.1.6. ПЛАН–КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

(Материал использован по Коваль И.К. Геология полезных ископаемых. Учебное пособие.)

Тема 1. (2 час). Введение. Геолого-промышленные типы месторождений руд черных металлов

Курс «Промышленные типы металлических полезных ископаемых» является продолжением предшествующей дисциплине Основы учения о полезных ископаемых, который освещает условия образования месторождений и их генетическую классификацию.

Промышленным месторождением называется участок земной коры, в котором в результате геологических процессов произошло накопление минерального вещества по качеству, количеству, технологическим свойствам, горно-техническим условиям отвечающее требованиям промышленности и экономически выгодное для эксплуатации.

К месторождениям рудных или металлических полезных ископаемых относятся такие виды минерального сырья, которые перерабатываются плавкой с целью извлечения металлов, используемых в черной и цветной металлургии. Описание металлов производится по группам: черные, легирующие, цветные, малые и благородные. Оно приводится по следующему плану. Вначале сообщаются сведения об истории освоения и областях применения, запасах, добыче и кондициях. Далее освещается геохимия и минералогия данного металла, затем характеризуются промышленные типы месторождений. Описание конкретных месторождений приводятся в изданном ранее учебном пособии для лабораторных занятий по геологии полезных ископаемых.

В лекциях используются материалы учебника «Курс рудных месторождений», составленном коллективом авторов под руководством академика В.И.Смирнова, выдержавшим два издания (1981 и 1986) и курса «Месторождения металлических полезных ископаемых», изданного в 1999 году и составленного коллективом авторов под редакцией В.И.Старостина.

ЖЕЛЕЗО

Общие сведения и области применения. Обзор минеральных ресурсов.

Типы руд и кондиции.

Железо извлекают из следующих типов руд:

1. Магнетитовые и титаномагнетитовые (главные минералы – магнетит, ильменит, титаномагнетит).
2. Гематитовые и мартитовые (гематит).
3. Бурые железняки (гидроксиды железа – гетит, гидрогетит).
4. Карбонатные (сидерит).
5. Силикатные (железистые хлориты).

Геохимия и минералогия

Железо – самый распространенный после алюминия металлический элемент земной коры. Известно более 300 минералов железа. Промышленное значение имеют магнетит FeFe_2O_4 , мартит и гематит Fe_2O_3 , гидроксиды железа – гетит $\text{FeO}(\text{OH})$ и гидрогетит $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$, сидерит $\text{Fe}[\text{CO}]_3$, силикаты железа – шамозит и тюрингит.

Промышленные типы месторождений

Железо разнообразно по условиям концентрации. Оно способно образовывать промышленные месторождения среди месторождений эндогенной, экзогенной и метаморфогенной серий.

Эндогенные месторождения

Магматические (позднемагматические) месторождения титаномагнетитовой, перовскит-титаномагнетитовой и апатит-магнетитовой формаций.

Титаномагнетитовые месторождения связаны с основными и ультраосновными породами габбровой, габбро-диабазовой, габбро-анортозитовой и габбро-пироксенит-дунитовой формаций.

Рудные тела имеют форму жиллообразных залежей и зон концентрированной вкрапленности. Основным рудным минералом является титаномагнетит со структурой распада твердого раствора, присутствуют магнетит, ильменит, шпинель. Руды характеризуются промышленным содержанием железа, ванадия и титана. Содержание железа низкое, но руды относятся к природнолегированным. Промышленное значение месторождений второстепенное, так как запасы руд невелики.

Месторождения известны на Урале (Качканарское, Гусевогорское, Первоуральское и др.), Горном Алтае, в Читинской области (Чинейский массив), за рубежом – в США, Норвегии, Швеции и др.

Перовскит-титаномагнетитовые месторождения связаны с щелочноультраосновными интрузиями; главное промышленное значение в них

имеют редкие и редкоземельные элементы, железо является побочным компонентом.

Апатит-магнетитовые месторождения связаны либо с ультрабазитами со слабым развитием карбонатитов (месторождения Кольского полуострова) или с сиенито-диоритами Северошведской группы месторождений. Форма рудных тел жиллообразная. Минеральный состав руд: апатит и магнетит. Содержание железа высокое, но одновременно отмечаются повышенные концентрации фосфора. Тип месторождений – редкий, промышленное значение второстепенное.

Карбонатитовые месторождения связаны с щелочно- ультраосновными интрузиями. Железорудные тела в таких массивах представляют в основном апатит-форстеритовые породы с обильной вкрапленностью, жилами и прожилками магнетита, неравномерной вкрапленностью пироклора и бадделиита. Месторождения известны на Балтийском щите (Африканда, Ковдор), на Сибирской платформе (Гулинский массив), за рубежом на Африканской платформе (Уганде, Зимбабве, ЮАР, месторождение Палабор). Месторождения имеют второстепенное значение, так как являются редкими.

Скарновые месторождения, формация железорудных скарнов, связаны с гранитоидными интрузиями. Они подразделяются на известковые и магнезиальные. В составе первых отмечаются следующие минералы – пироксены, гранаты андрадит-гроссулярового типа, эпидот, актинолит, везувиан, хлорит; в магнезиальных характерно развитие магнезиальных силикатов – форстерита, шпинели, флогопита, серпентина. Железорудные минералы – магнетит, мартит, гематит; кроме этого в составе руд встречаются кобальтсодержащий пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит и др.

Формы рудных тел чрезвычайно разнообразны – неправильные, жиллообразные, пластообразные и др.

В рудах скарново-магнетитовых месторождений часто присутствуют примесь кобальта, иногда бора, меди, цинка.

Скарново-железорудные месторождения в России очень многочисленны. Они известны на Урале (Магнитогорское, Высокогорское, Лебяжинское, Гороблагодатское и др.), Алтае-Саянской области (Таштагольское и др.), Горной Шории (Шерегешское), Южной Якутии (Таежное, Пионерское), на Дальнем Востоке (Гаринское), за рубежом месторождения США, Болгарии, Румынии и ряд других.

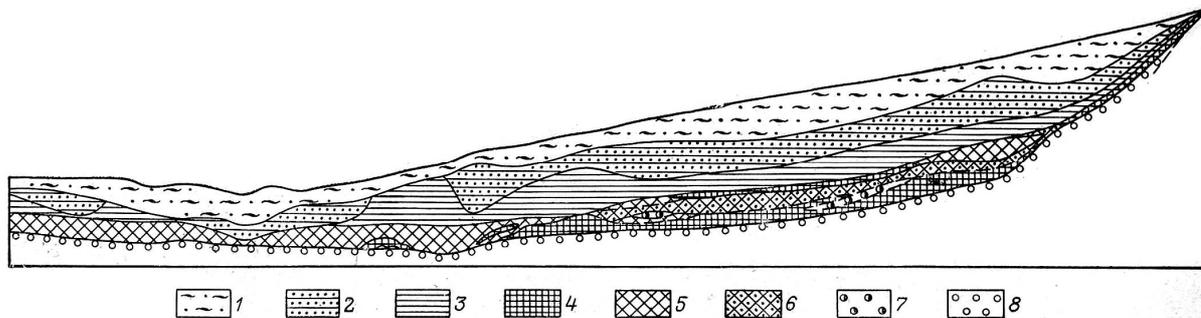
Гидротермальные (вулканогенные) месторождения парагенетически связаны с траппами. Распределение месторождений тесно связано с расположением зон разломов. Форма рудных тел – жильно-метасоматическая. Рудный минерал – магнетит содержит примеси магния и относится к магномагнетиту. Качество руд довольно высокое и запасы – сотни млн. т, но данный тип месторождений редок. Месторождения известны на Сибирской платформе. Наиболее крупные и разведанные месторождения этой группы – Коршуновское, Рудногорское, Нерюндинское и Тагарское.

Э к з о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Осадочные месторождения подразделяются на морские и

континентальные. Морские месторождения (сидерит-лептохлорит-гидрогетитовая формация) образуются в прибрежной зоне морских водоемов, залегают среди карбонатно-терригенных отложений. Пологозалегающие рудные пласты и линзы имеют мощности от первых метров до первых десятков метров. Руды сложены в основном оолитами различных размеров гидрогетитового, лептохлоритового или сидеритового состава, обломками оолитов и песчано-глинистого материала, сцементированных теми же минералами, которые образуют и оолиты. Наблюдается характерное изменение минерального состава от береговой линии в сторону моря: гидрогетит постепенно уступает место лептохлоритам. На некоторых месторождениях наблюдается более поздняя сидеритизация гидрогетитовых и лептохлоритовых руд.

Этот тип месторождений представлен Западно-Сибирским бассейном в России, Аятским в Казахстане, Керченским на Украине (рис.1). За рубежом месторождения данной формации представлены Лотарингским бассейном (Франция, Германия, Бельгия и Люксембург), к ним относятся также месторождения Китая, Великобритании.



1 - известковые суглинки; 2 - глины песчаные; 3 - глины; 4-6 железные руды (4 - «табачные», 5 - «коричневые», 6 - «икряные»); 7 - глины песчаные; 8 - ракушечники глинистые в кровле сидеритизированные.

Рисунок 1 - Геологический разрез Камыш-Бурунской мульды, по Ю. Юрку, Е. Шнюкову, Ю. Лебедеву и О. Кириченко:

Континентальные месторождения представлены большим числом мелких месторождений. Руды сложены скоплениями гидрогетитовых жеод и оолитов в песчано-глинистых озерно-болотных отложениях. Руды этого типа известны в Тульской и Липецкой областях. Они характеризуются низкими содержаниями железа и в настоящее время практически утратили промышленное значение. Исключением является Лисаковское месторождение в Кустанайской области, связанное с русловыми пойменными отложениями олигоценых палеорек. Рудные залежи вытянуты на десятки километров вдоль русла, имеют линзовидную и неправильную формы. В составе руд гидрогетит, лептохлориты, сидерит, кварц, глинистые минералы, марказит, гипс. Руды оолитовые.

Вулканоогенно-осадочные располагаются среди вулканоогенных фаций вулканоогенно-осадочных формаций. Рудные пласты залегают среди туфов и туффитов с наличием прослоев и линз вулканических пород, присутствием в составе руд пирокластических частиц. В Западно-Каражальском месторождении вмещающими породами служат переслаивающиеся известняки,

кремнисто-карбонатные яшмовидные и аргиллитовые породы, а подстилается эта толща типично вулканогенно-осадочными формациями. Рудные пласты и линзы залегают согласно с вмещающими породами. Руды сложены гематитом, в меньшей степени гематитом и сидеритом, встречаются сульфиды.

Промышленное значение этой группы месторождений невелико. Примеры – Западный Каражал (Казахстан), Холзунское (Россия), Лан и Дилль в Германии.

Месторождения коры выветривания (остаточные) образуются при выветривании ультраосновных пород: серпентинизированных дунитовых и перидотитовых массивов. Железные руды коры выветривания ультрабазитов состоят в основном из гидрогетита и примесей: халцедона, опала, нонтронита, железистых хлоритов, магнезита. Они содержат примеси хрома, никеля и кобальта и относятся к природнолегированным образованиям. Примером подобных месторождений являются Елизаветинское, Аккермановское на Урале. За рубежом крупные месторождения железных руд кор выветривания известны на Кубе, Филиппинах, Гвинее, Гвиане и Суринаме.

М е т а м о р ф о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

К этой серии относятся залежи метаморфизованных железистых кварцитов.

Осадочно-метаморфизованные месторождения железистых кварцитов залегают в метаморфизованных осадочных комплексах докембрийских кристаллических щитов, складчатых фундаментов древних платформ. В подавляющей части железистые кварциты являются первично морскими хемогенными осадками, залегают среди терригенных и вулканогенно-осадочных вмещающих комплексов. Форма рудных залежей – пластообразная. Главные минералы – кварц, магнетит, гематит, куммингтонит, биотит, хлорит, иногда щелочные амфиболы. Структура преимущественно тонкозернистая и мелкозернистая. Текстура полосчатая, плейчатая. Метаморфизм фации зеленых сланцев. В более глубоко измененных месторождениях амфиболитовой фации метаморфизма главные минералы – кварц, магнетит, гематит, роговая обманка, диопсид, геденбергит, гранат. Структура среднезернистая, текстура неясно полосчатая. Наиболее глубоко метаморфизованные месторождения гранулитовой фации архейского возраста имеют крупнозернистую структуру, неясно полосчатую текстуру. В составе железистых кварцитов – кварц, магнетит, гиперстен, актинолит, тальк, куммингтонит, гранат.

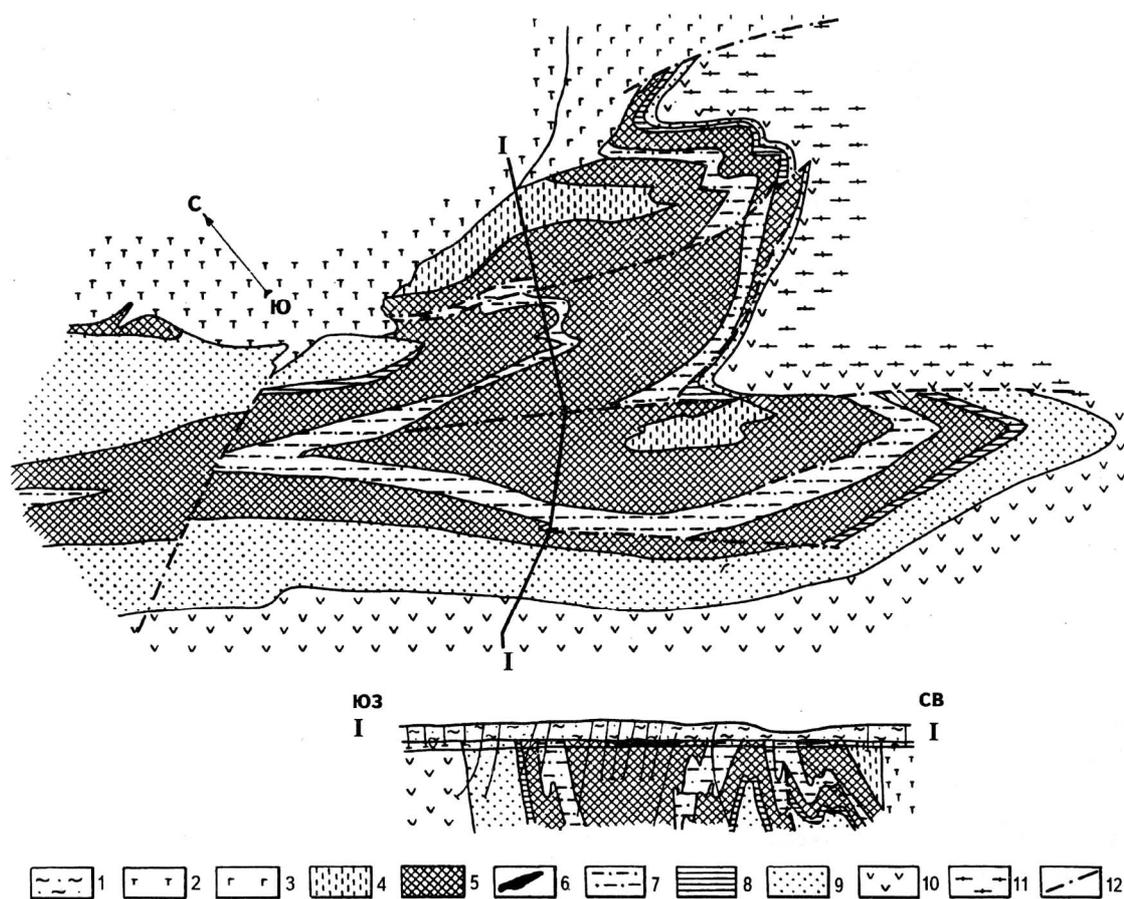
Месторождения железистых кварцитов относятся к крупнейшим, характеризуются запасами руды в миллиарды и десятки миллиардов тонн. Среднее содержание железа 20-40%, чаще всего 32-37%, они бедны фосфором и серой, при преобладании среди рудных минералов магнетита хорошо обогащаются.

В России железистые кварциты сосредоточены на Кольском полуострове и в Карелии (Оленегорское, Кировогорское, Костомукшское месторождения и др.), в бассейне Курской магнитной аномалии (Коробковское, Лебединское, Стойленское – рис.2, Михайловское и др.), на Южном Урале (Тараташское), в Читинской области и республике Саха (Чара-Токкинское), на Дальнем Востоке

(Мало-Хинганская группа), на Украине (Криворожско-Кременчугский бассейн). За рубежом широко известны крупные районы распространения кварцитов в Канаде, США, Бразилии, Индии, ЮАР, Австралии, Китае и других странах.

Богатые железные руды представляют продукт природного обогащения железистых кварцитов, образующиеся при процессах древнего выветривания. Выделяются два морфологических типа залежей – плащеобразные и линейные. Плащеобразные залегают на головах крутопадающих железистых кварцитов, имеют значительную площадь, карманообразную подошву и относятся к типичным корам выветривания. Линейные возникли в зонах разломов, трещиноватости, смятия, дробления.

В минеральном составе богатых руд участвуют мартит, мартитизированный магнетит, гетит и гидрогетит, глинистые минералы. Руды характеризуются высоким содержанием железа 54-69% и низкими содержаниями серы и фосфора.



1 - песчано-глинистые и карбонатные отложения девонско-четвертичного возраста; 2 - диориты и кварцевые диориты; 3 - габбро-диориты; 4-8 - породы курской серии (4 - сланцы верхней свиты, 5 - железистые кварциты средней свиты, 6 - сланцы средней свиты, 7 - сланцы нижней свиты, 8 - метапесчаники и конгломераты нижней свиты); 9 - кварцевые порфиры, сланцы и амфиболиты михайловской серии; 10 - гнейсы и мигматиты архея; 11 - богатые железные руды (на разрезе); 12 - тектонические нарушения.

Рисунок 2 - Схема геологического строения Стойленского месторождения (по Н.Г.Оливкину).

МАРГАНЕЦ

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции. Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений

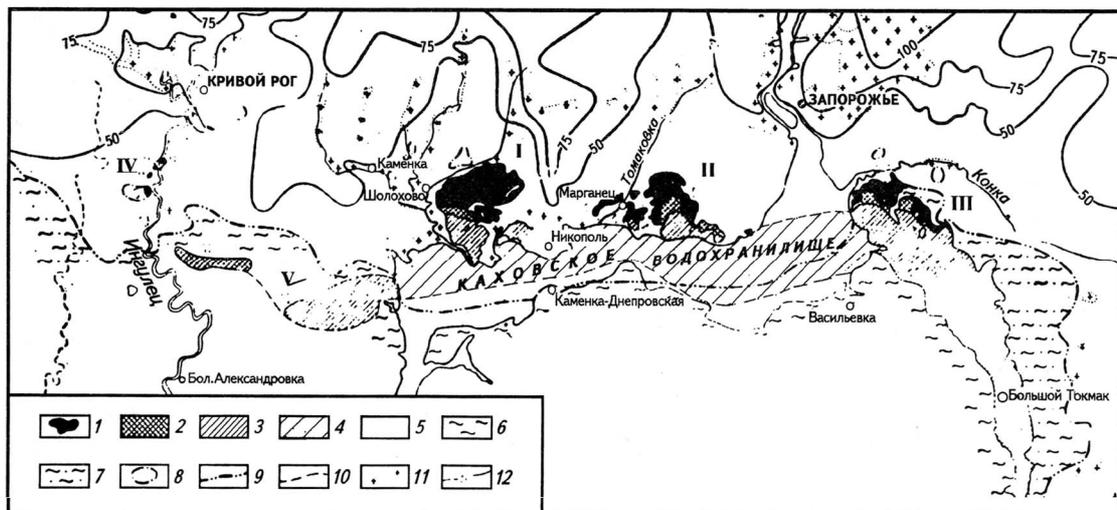
Эндогенные проявления марганца не имеют промышленного значения. Основное значение имеют месторождения экзогенной серии.

Экзогенные месторождения

Осадочные (хемогенно-осадочные и вулканогенно-осадочные) заключают 92,5% запасов руд.

Хемогенно-осадочные месторождения залегают среди морских отложений олигоценового возраста. Форма рудных тел пластовая. В фациальном профиле месторождений выделяются три рудные зоны: оксидных, смешанных (оксидно-карбонатных) и карбонатных руд. Оксидные руды сложены пиролюзитом, псиломеланом, манганитом; карбонатные – преимущественно манганокальцитом, в незначительном количестве родохрозитом. Вмещающие породы – монтмориллонитовые глины с примесью песка и алеврита. Текстуры – конкреционные, ноздреватые, сажистые.

К этому типу месторождений относится Никопольский бассейн на Украине (рис. 3); Чиатурское в Грузии; Полуночное, Ивдельское, Усинское месторождения в России; Мангышлакское в Казахстане.



1-3-марганцевые руды: 1 - оксидные, 2 -оксидно-карбонатные (смешанные), 3 - карбонатные; 4 - площадь, на которой карбонатные руды полностью или частично размывты в четвертичное время; 5 - пойма Днепра, ныне Каховское водохранилище; 6 - глины олигоцена; 7 - песчанистые глины олигоцена; 8 - "островки " олигоценовых отложений; 9 - северная граница олигоценовых отложений; 10 - южная предполагаемая граница накопления карбонатных руд; 11 - выходы кристаллических пород на поверхность и под четвертичные отложения; 12 - изогипсы поверхности докембрийских пород. Рудоносные площади: I - Западно-Никопольская, II - Восточно-Никопольская, III- Больше-Токмакская, IV- Ингулецкая, V - междуречье Днепр-Ингулец.

Рисунок 3 - Схема размещения марганцеворудных площадей в Никопольском бассейне (по В.Грязнову).

Вулканогенно-осадочные месторождения (формация браунит-

гаусманитовая) приурочены к областям интенсивного проявления подводного вулканизма, характеризующимся накоплением лав и туфов с подчиненным количеством осадочных пород. Для месторождений установлена отчетливая связь с кремнистыми (яшмы, туфы), карбонатными (известняки, доломиты) и железистыми (магнетит, гематит) породами и рудами. Источником Mn, Fe и других компонентов являлись поствулканические подводные эксгаляции и гидротермы. Месторождения располагаются как у очагов вулканической деятельности, так и в удалении от них среди пирокластических пород. Месторождения характеризуются браунит-гаусманитовым составом. Залежи имеют пластообразную форму, мощность 1-10м. Содержание Mn – 40-55%, P – 0,03-0,06%. Месторождения, как правило, по запасам небольшие. Они известны на Урале, Горном Алтае, в Кузнецком Алатау.

В связи с прогрессирующим истощением минеральных ресурсов на континентах, все большее внимание привлекают железо-марганцевые конкреции дна океанов. Огромное количество марганцевых руд сосредоточено в железо-марганцевых конкрециях, выстилающих крупные площади дна Тихого, Атлантического и Индийского океанов. Основная часть их находится в Тихом океане. Запасы – 3,5 трл. т, запасы ежегодно возрастают на 10 млн. т. Конкреции и рудные корки обнаружены в пелагической области практически повсеместно как на дне котловин, так и на склонах поднятий. Мощность их изменяется от нескольких миллиметров до 10-15см. Размеры конкреций – от 1мм до 1м в диаметре, наиболее распространены конкреции размером 3-7 см в поперечнике. Морфологические типы конкреций – сферические, эллипсоидные, лепешковидные, плитчатые, желвакообразные, гроздевидные. Текстуры – скорлуповато-слоистые, оолитовые, колломорфные. Главные рудные минералы – вернадит и гидрогетит, реже встречаются другие гидроксиды и оксиды Mn и Fe. Содержание Mn 25-20%, Fe 10-15%, Ni 1-2%, Co 0,3-1,5%, Cu 1-1,5%.

США, ФРГ и Япония, не имеющие крупных месторождений марганца на своих территориях, производили опытную добычу конкреций со дна Тихого и Атлантического океанов на глубинах до 7 км.

Источником Mn, Fe и сопутствующих элементов одни геологи считают донные вулканические эксгаляции, другие – инфильтрацию из донных базальтов, третьи – сносы с континентов.

Месторождения выветривания образуются главным образом по марганецсодержащим метаморфизованным породам. Форма рудных тел плащеобразная. Рудные залежи сложены пирролюзитом и псиломеланом. Глубина распространения руд – 10-70 м. Залежи прослеживаются по простиранию от сотен метров до 10 км. Содержание Mn 30-50%, P обычно до 0,2%, иногда до 2%. Месторождения распространены главным образом в Индии и Бразилии, а также в Канаде, Габоне, Гане, ЮАР и Австралии

М е т а м о р ф о г е н н а я с е р и я

Месторождения этой серии представлены группой метаморфизованных месторождений, на долю которых приходится 5% мировых запасов руд.

Метаморфизованные марганцевые месторождения связаны с

марганецсодержащими протерозойскими силикатными породами – гондитами и кондуритами. Гондиты сложены кварцем, спессартином, браунитом, гаусманитом и родонитом. Кондуриты состоят из калиевого полевого шпата, спессартина и апатита. Они переслаиваются с мраморами, кварцитами и сланцами. Протяженность рудных залежей до 3-8 км, мощность – 3-60 м, среднее содержание Mn 10-20%. Наиболее крупные месторождения отмечены в Индии и Бразилии. В настоящее время разрабатываются наиболее мощные рудные тела окисленных марганцевых руд зоны окисления; гондиты и кондуриты не разрабатываются.

ХРОМ

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции.

Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений

Раннемагматические месторождения образуются на ранней стадии кристаллизации магматических пород. Руды преобладают вкрапленные. Границы рудных тел (шлиры, гнезда) нечеткие. Иногда в результате гравитационной дифференциации происходит концентрация хромитов в ультрамафитовой зоне плутона. Такие месторождения известны в ЮАР (Бушвельдский массив), Зимбабве (Великая Дайка). Они представлены пластообразными телами хромитовых руд в расслоенных массивах ультраосновных пород. В Бушвельдском массиве месторождения хромитов приурочены к двум рудоносным горизонтам протяженностью 110-160 км. Руды вкрапленные, массивные, встречаются хромиты с нодулярной текстурой. Мощность пластов 0,2-1,8 м. Запасы хромитов оцениваются в 1 млрд. т, среднее содержание Cr_2O_3 45%.

Позднемагматические месторождения распространены более широко. Они известны на Урале, Кавказе, Сибири, на Чукотке, Сахалине, а также за рубежом – Албании, Греции, Турции, Иране, Пакистане, Индии, Филиппинах. Месторождения связаны с ультраосновными породами: в различной степени серпентинизированными дунитами, перидотитами, пироксенитами. Наиболее распространенная форма рудных тел – линейно вытянутые жилоподобные линзы. Размеры отдельных тел варьируют от нескольких десятков метров до 1,5 километра по простиранию при мощности от нескольких до 150 м (рис.4). Контакты хромитов с вмещающими породами резкие. Руды массивной, вкрапленной и нодулярной текстуры сложены в дунитах магнохромитом, в перидотитах – алюмохромитом и хром-пикотитом. В хромитовых рудах Кемпирсайского дунит-гарцбургитового массива содержатся платиноиды (металлы платиновой группы – МПГ), суммарное содержание доходит до 0,8 г/т (в том числе Os, Ru, Ir, Rh, Pt и Pd). В богатых хромитовых рудах количество платиноидов достигает 0,7-2,0 г/т. Минералы группы платины выявлены как идиоморфные включения размером до 100 мкм внутри зерен хромитов. Они представлены твердыми растворами Os-Ir-Ru, Ir-Os-Fe, Ni (самородные Ir и Os, Ru, Os-Ir, Ru-As, Ir-Ru-As-S. По мнению исследователей [2,3], эти месторождения являются крупными платиносодержащими объектами.

Экзогенные месторождения

Россыпные месторождения хромитов (элювиально-делювиальные) образуются в результате выветривания магматических месторождений. Это валунчатые руды Сарановского месторождения и порошокатые руды коры выветривания Кемпирсайского района. Подобные месторождения известны на Кубе, Филиппинах, в Новой Каледонии. Россыпные месторождения по своему промышленному значению являются несущественными.

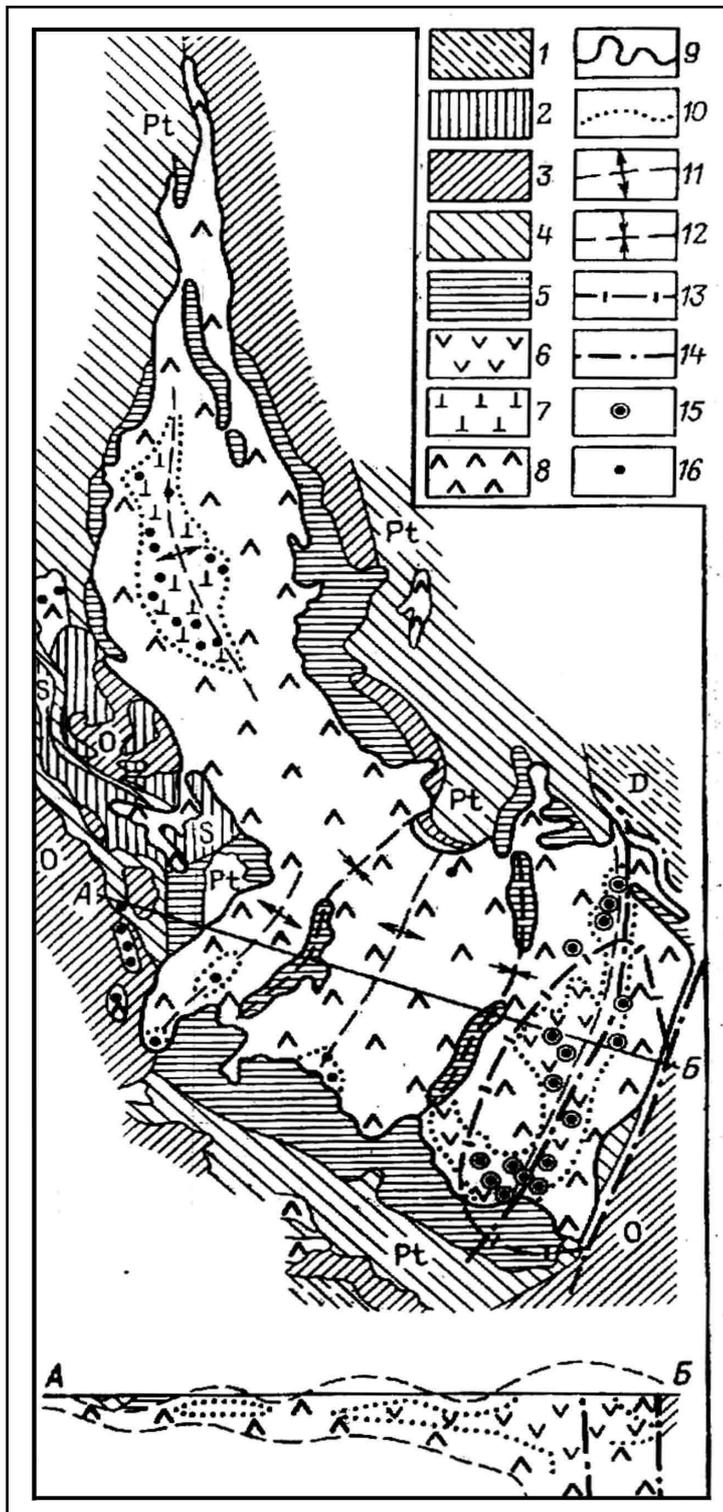


Рисунок 4 - Схема геологического строения хромитоносного Кемпирсайского массива, по Н.Павлову и И.Григорьевой: 1-4 – вмещающие кремнистые и карбонатные породы: 1 – девонские, 2 - силурийские, 3 - ордовикские, 4 - протерозойские; 5 - габброамфиболиты; 6-8 - серпентинизированные образования: 6 -перидотиты и дуниты, 7 - дунит-перидотитовый шлирово-полосчатый комплекс, 8 - перидотиты; 9, 10 - контуры ультраосновных пород: 9 -массива, 10 -комплексов; 11, 12 - оси: 11 - сводовых поднятий, 12 - межсводовых опусканий; 13 - контур проекции рудоподводящего канала; 14 - тектонические нарушения; 15, 16 - месторождения руд: 15 - высокохромистых, 16 - низкохромистых.

ТИТАН

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции. Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Магматические (позднемагматические) месторождения связаны с основными и ультраосновными породами. Наиболее значительные месторождения приурочены к крупным массивам анортозитовой формации, интрузиям габбро-норитов и габбро-долеритов. Рудные тела имеют жиллообразную форму. Преобладают массивные текстуры. Руды по составу ильменит-магнетитовые. Содержание TiO_2 32-36%, Fe 39-43%.

В России к ним принадлежат месторождения Восточного Саяна (Мало-Тогульское и др.), месторождения Урала (Кусинское); Карелии (Пудожгорское); в Канаде - Лак-Тио, Аллард-Лейк; в США – Тегавус; в ЮАР – Бушвельд; в Норвегии – Теллнес.

С интрузиями щелочного состава связаны вкрапленные руды лопаритового, перовскитового и титаномагнетитового состава, в которых титан является побочным компонентом, главное промышленное значение в них имеют редкие (Nb) и редкоземельные элементы.

Экзогенные месторождения

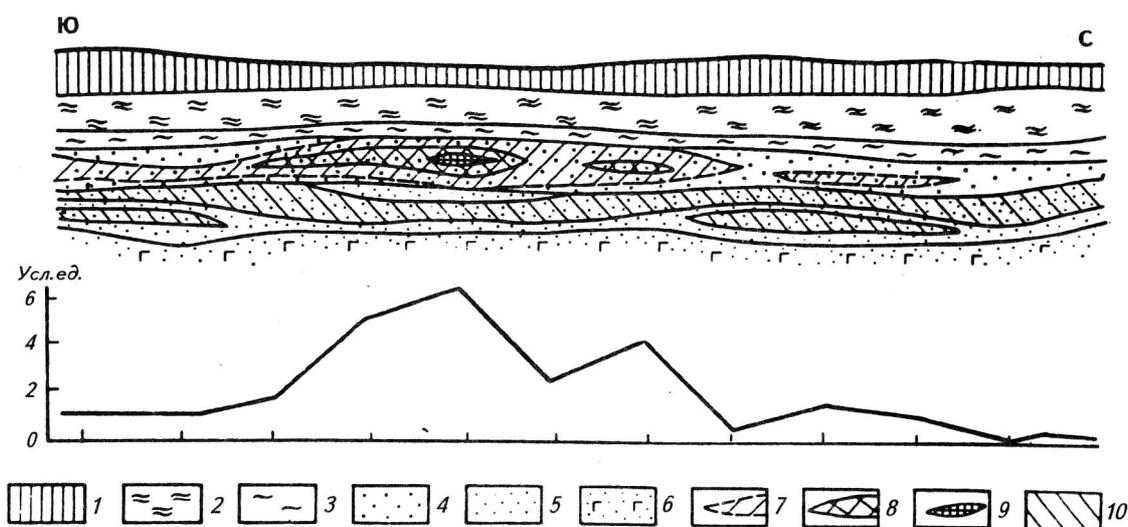
Месторождения выветривания. Современные и погребенные титаноносные коры образуются на габброидных и метаморфических породах. Мощность кор достигает нескольких десятков метров. Титан представлен ильменитом и рутилом. Содержание ильменита может достигать нескольких сотен, а рутила десятков килограммов на кубический метр. Коры имеют самостоятельное промышленное значение и являются источником рудного материала для образования россыпных месторождений.

Россыпные месторождения имеют важное промышленное значение. Среди них различают два типа: прибрежно-морские и континентальные. Более важными являются прибрежно-морские, меньшее значение имеют континентальные аллювиально-делювиальные россыпи. По времени образования среди прибрежно-морских россыпей выделяют древние (ископаемые) и современные.

В России главное значение имеют древние россыпи, распространенные в отложениях неогена и палеогена Ставрополя, палеогена Зауралья, Северного Приаралья, юго-западной части Сибирской плиты, палеогена и мезозоя Чулымо-Енисейской и Амуро-Зейской впадин, мезозойских депрессий Уральской складчатой системы, Иркутского угленосного бассейна, палеозоя Тиманского и Томь-Колыванского поднятий.

Прибрежно-морские ильменит-рутил-цирконовые комплексные россыпи отличаются большими размерами и крупными запасами. Для них характерны пласто- и линзообразные залежи, мощность которых достигает десятков метров, а протяженность нескольких десятков километров. По составу эти россыпи обычно олигомиктовые: главный породообразующий минерал – кварц. Пески тонко- и мелкозернистые. Содержание в россыпях ильменита и рутила от

десятков до сотен кг/м³ (рис. 5).



1 - лессы и лессовидные суглинки; 2 - глины и суглинки; 3 - глины; 4 - пески кварцевые мелко- и среднезернистые; 5 - пески кварцевые мелко- и тонкозернистые; 6 - пески кварц-глауконитовые. Содержание тяжелых минералов: 7 - низкое, 8 - высокое, 9 - очень высокое; 10 - циркониево-титановые залежи в отложениях полтавской серии.

Рисунок 5 - Поперечный разрез одной из залежей сарматской россыпи Правобережного месторождения и график изменения содержания тяжелых минералов в среднесарматских продуктивных песках, по М. Векличу и др.

Континентальные россыпи ильменита распространены в четвертичных, палеогеновых и нижнемеловых отложениях. Рудные тела аллювиальных россыпей имеют обычно лентовидную форму. Рудные минералы накапливаются в нижних горизонтах. По составу континентальные россыпи обычно полимиктовые (кварц, полевой шпат, каолинит). Содержание ильменита изменяется от нескольких десятков до нескольких сотен кг/м³.

Из современных прибрежно-морских россыпей ильменит и рутил добывают в Австралии, Индии, Шри-Ланке, частично в Бразилии и США. Это пляжевые пески океанических побережий тропических и субтропических климатических поясов. Россыпи имеют большую протяженность, измеряемую сотнями и тысячами километров. Мощность их 1 – 1,3 м. Рудоносные пески или совсем не перекрыты или перекрыты маломощным слоем безрудных песков. Россыпи постоянно возобновляемы. По составу они аналогичны ископаемым россыпям.

Вулканоогенно-осадочные месторождения приурочены к титаноносным вулканоогенно-осадочным образованиям на юге Воронежской области. Месторождение сложено осадочными и вулканоогенно-осадочными породами палеозоя, мезозоя и кайнозоя, залегающими на докембрийском фундаменте. Рудоносными являются отложения ястребовского горизонта девонского возраста мощностью от нескольких до 35 м. Общая протяженность примерно 100 км при ширине 20-40 км. Наибольшее количество ильменита приурочено к грубообломочным туфам, туффитам и туфопесчаникам. Образование

вулканогенных пород, обогащенных ильменитом, вероятно, происходило в мелководном морском бассейне и явилось следствием подводной вулканической деятельности.

М е т а м о р ф о г е н н а я с е р и я

В этой серии выделяются месторождения метаморфизованной и метаморфических групп.

Метаморфизованные месторождения образуются при метаморфизме древних россыпей и коренных магматических руд.

Метаморфические месторождения образуются при метаморфизме интрузивных, эффузивных и осадочных пород, обогащенных титаном. На Кузнечихинском месторождении (Средний Урал) в амфиболитах содержится около 1,5% рутила, а в эклогитах Шубинского месторождения (Южный Урал) - 4,5%. Промышленное значение таких месторождений невелико.

Легирующие металлы

ВАНАДИЙ

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции. Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений

Большинство месторождений, из руд которых извлекают ванадий, комплексные: ванадий получают попутно с добычей главных компонентов – Fe, Ti, U, Pb, Zn, P, а также нефти. В США две трети ванадия связано с его получением из нефти, поставляемой из Венесуэлы. В России сырьем для производства ванадия служат титаномагнетитовые руды. В зарубежных странах около 90% ванадия получают из титаномагнетитовых и ильменит-магнетитовых руд, остальное - из уран-ванадиевых (карнотитовых), ванадиевых (роскоэлитовых) руд, фосфоритов, бокситов, глин зоны аргиллитизации, окисленных полиметаллических руд и нефти.

Э н д о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Магматические (позднемагматические) месторождения. Наиболее крупные массивы ванадиеносных ультраосновных и основных пород приурочены к анортозитовой формации (Канадский щит) и формации габбровых и норитовых интрузий (бушвельдский комплекс). Меньшие площади имеют породы габбро-пироксенит-дунитовой формации, с которыми связаны месторождения ванадийсодержащих титаномагнетитов на Урале. Содержание ванадия в рудах 0,1-1%. Запасы на отдельных месторождениях составляют несколько миллионов тонн. Главные минералы-концентраты ванадия - титаномагнетит и магнетит. Примером уникальных месторождений ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд являются Качканарское месторождение на Урале и ильменит-магнетитовые месторождения бушвельдского комплекса в ЮАР.

Метасоматически-гидротермальные месторождения уран-благороднометалльно-ванадиевых руд обнаружены в конце 70-х - начале 80-х годов на юге Карелии (Онежский прогиб). В районе выявлено 11 рудоносных зон. Рудоносные зоны представлены антиклинальными складками, ядра

сложены доломитами и глинисто-карбонатными породами, а крылья - углеродистыми сланцами и алевролитами. Рудные залежи тесно связаны с углеродсодержащими алевролитами, приурочены к контакту алевролитов и высокоуглеродистых глинисто-карбонатных сланцев. Рудные тела имеют шнуровидную и ленточную форму мощностью до 40 м, протяженностью до 2,5 км. Среднее содержание V_2O_5 2,5-3,5%, урана 0,15- 0,25%, наблюдаются также повышенные содержания Au, Ag, Pt, Pd и других элементов. Ванадий заключен в слюдах – роскоэлите, флогопите и других минералах, уран представлен настураном, коффинитом и частично уранинитом. Благородные металлы связаны с сульфидами и селенидами Pb, Bi, Cu. Условно устанавливается три типа соединений Pd и Bi: интерметаллический, сульфоселенидный и селеносульфидный. В гнездах и прожилках битуминоидов отмечаются Pt и Pd. Содержание Pd варьирует от 0,5 до 400 г/т, Pt – от 0,05 до 30 г/т. Выявлены также Ir и Rh, а в отдельных пробах Os. Концентрация Au составляет от 0,01 до 2, в отдельных случаях 250 г/т, а Ag – от 5г/т до 1500 г/т. По многообразию минералов и элементов месторождения Онежского прогиба уникальны и не имеют близких аналогов ни в нашей стране, ни за рубежом. Месторождения полиминеральны и многокомпонентны. Разработана комплексная гидрометаллургическая технология извлечения урана, ванадия и благородных металлов.

Месторождения относятся к полигенным. Существуют доказательства проявления процессов палеозойской активизации в формировании месторождений Онежского прогиба.

Экзогенные месторождения.

Месторождения выветривания. Месторождения зоны окисления полиметаллических месторождений широко распространены в Африке (Тсумб, Брокен-Хилл), встречаются в Австралии, России, США. Это небольшие по запасам месторождения, которые концентрируются только в окисленных рудах (до 5,6%). Коренные сульфидные руды содержат ванадий в небольших количествах. Рудные тела имеют трубообразную форму, верхняя часть их сложена окисленными рудами, содержащими минералы ванадия – ванадинит и деклуазит, а также сопутствующие церуссит, смитсонит, малахит, азурит. Глубина зоны окисления – несколько сот метров.

Карнотитовые и роскоэлитовые месторождения в пестроцветных отложениях (алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты) мезозойского чехла (тип «плато Колорадо») распространены во многих странах, но наибольшее значение они имеют в США.

Россыпные месторождения. Крупные прибрежно-морские россыпи ванадийсодержащих титаномагнетитовых песков известны в Новой Зеландии. Подобные россыпи обнаружены на побережье Черного и Каспийского морей, на восточном побережье Камчатки и Курильских островов.

Осадочные месторождения. В пластовых фосфоритах Скалистых гор (США) пермского возраста отмечены концентрации V (до 0,22%).

Повышенной ванадиеносностью характеризуются высокосернистые сорта нефти Урало-Волжской провинции, Венесуэлы и Ирана.

Патронит в асфальтитах успешно обрабатывался в единственном месторождении этого типа Минас-Рагра (Перу). Содержание V около 6%.

Незначительное количество V концентрируется в ряде осадочных месторождений железа (V_2O_5 0,05-0,1), бокситов, углей и углеродисто-кремнистых сланцев (0,1-0,2% V_2O_5).

НИКЕЛЬ

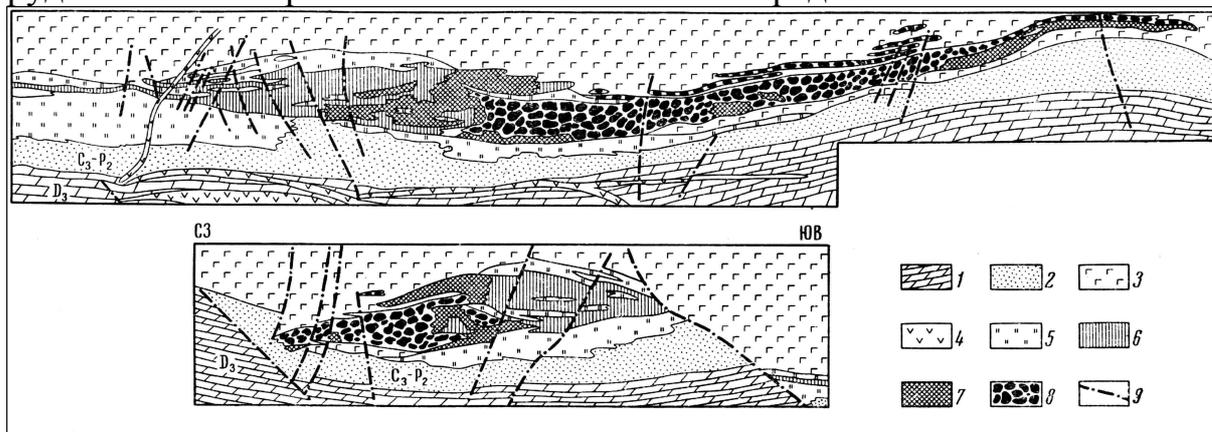
Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений.

В настоящее время выделяют две группы месторождений – магматические и коры выветривания. Кроме того, никель попутно извлекается из комплексных плутоногенно-гидротермальных месторождений, принадлежащих рудным формациям – арсенопирит-глаукоdot-кобальтиновой, шмальтин-хлоантит-никелиновой, пентметальной (Ni, Co, Ag, Bi, U).

Эндогенные месторождения

Магматические (ликвационные) месторождения, формация сульфидных медно-никелевых руд. В них сосредоточено около 30% мировых запасов никеля. В России в сульфидных месторождениях заключено 89% разведанных запасов. Это месторождения Кольского п-ова (Печенга, Мончегорское, Аллареченское), Красноярского края (Норильское, Талнахское (рис. 6), Октябрьское), Воронежского кристаллического массива (Нижнемамонское, Еланское), Северного Прибайкалья (Чайское, Иоко-Давыренское), из зарубежных – Садбери (Канада), Бушвельд (ЮАР), Камбалда (Австралия).

Месторождения связаны с расслоенными интрузивами базит-гипербазитового ряда. Рудоносные интрузии располагаются в зонах активизации платформ. Они приурочены к архейским зеленокаменным поясам, протерозойским рифтогенным структурам, каледонским и герцинским зонам тектоно-магматической активизации древних платформ. Интрузивные массивы имеют форму лополитов. Рудные тела обычно размещаются внутри рудоносных материнских массивов или в непосредственной близости от них.



1 - доломиты, мергели; 2 - песчаники, алевролиты, аргиллиты; 3 - габбро-долериты Талнахской интрузии; 4 - долериты дифференцированных силлов; 5 - контактово-измененные породы; 6 - пентландит-халькопирит-пирротин-кубанитовые руды; 7 - пентландит-халькопирит-пирротин-кубанитовые руды; 8 - пентландит-кубанит-халькопиритовые руды; 9

- тектонические нарушения.

Рисунок 6 - Схема внутреннего строения залежи сплошных руд в юго-западной части Талнахского месторождения, по Л.Сухову и В. Изойтко (1971):

Это пластообразные, линзообразные, жилообразные тела. Руды вкрапленные, прожилково-вкрапленные, массивные, брекчиевые. В составе руд преобладают пирротин, пентландит, халькопирит, широко развиты кубанит, магнетит, встречаются пирит, миллерит, платиноиды и др. Руды медно-никелевых месторождений характеризуются комплексным составом: помимо меди и никеля из них извлекаются кобальт, платиноиды, золото, серебро, селен, теллур.

Состав руд месторождений, относительные количества основных рудообразующих элементов и концентрации попутных компонентов определяются, в первую очередь, петрохимическими особенностями рудоносных формаций. Выделяется шесть рудоносных формаций:

габбро-троктолитовая с богатыми медью никелево-медными рудами (дулутский тип), отношение Ni/Cu – 1:10 - 1:12,5;

трапповая (габбро-долеритовая) с обогащенными медью никелево-медными рудами (норильско-талнахский тип), отношение Ni/Cu – 1:1,2 – 1:2,5;

габбро-норит-пироксенит-перидотитовая с медно-никелевыми рудами (мончегорско-бушвельдский, стиллуотерский тип), отношение Ni/Cu – 1:1 – 2:1;

габбро-пироксенит-перидотитовая с обедненными медью медно-никелевыми рудами (печенгский тип), отношение Ni/Cu – 2:1 – 5:1;

пироксенит-перидотитовая с бедными медью медно-никелевыми рудами (камбалдийский тип), отношение Ni/Cu – 5:1 – 25:1;

ортопироксенит-норит-диоритовая с медно-никелевыми и никелевыми рудами (седберийско-еланский тип), отношение Ni/Cu – 10:1.

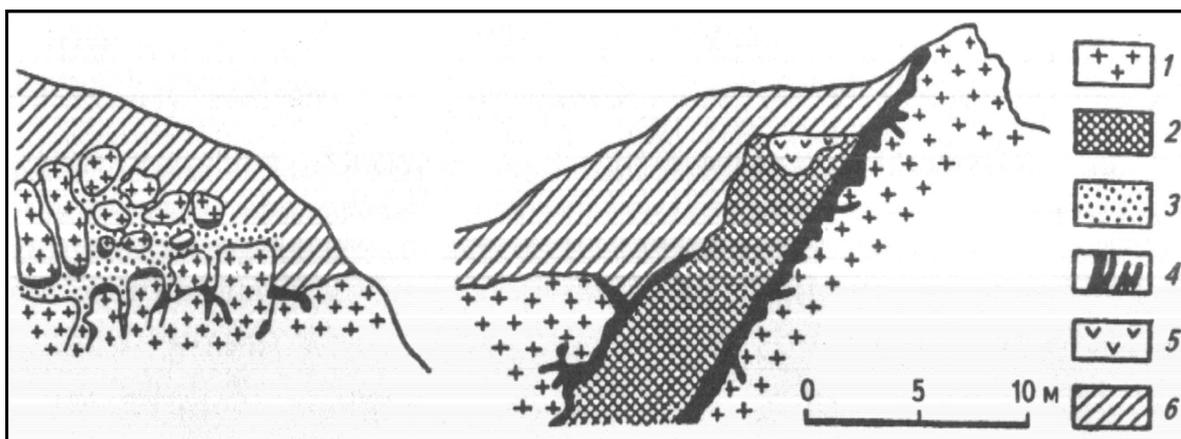
Экзогенные месторождения

Месторождения коры выветривания (формация силикатных никелевых руд) формируются при латеритном выветривании ультрабазитов. По форме и условиям залегания выделяют три морфологических типа месторождений: площадные; линейные (линейно-трещинные и контактово-карстовые); линейно-площадные. Месторождения площадного типа характеризуются плащеобразной формой, мощность их 3-20 м. Нижний контакт имеет сложные очертания из-за многочисленных карманообразных углублений. Никелевые месторождения линейного типа свойственны районам с развитыми зонами тектонических нарушений. Рудные тела имеют сложную морфологию, нередко образуют параллельные крутопадающие тела мощностью от 1 до 50 м.

Никель представлен гарниеритом, ревдинскитом, непуитом, частично сорбируется глинами и входит в состав нонтронита, вермикулита, хлорита, ассоциирует с асболаном. Несколько раньше никеля и кобальта на более высоких уровнях осаждаются гидроксиды железа, а позже других и глубже выпадает магний с образованием магнезита.

Полезными компонентами руд являются никель и кобальт, соотношения между которыми колеблются в широких пределах от 10:1 до 30:1.

На территории России месторождения силикатных никелевых руд имеют ограниченное значение. Промышленные никеленосные коры известны на Среднем и Южном Урале (Кемпирсайское, Серовское, Сахаринское, Погожинское, Черемшанское). Наиболее крупные месторождения расположены в современной тропической зоне. Это всемирно известные месторождения Новой Каледонии, Филиппин, Австралии, Кубы, Бразилии и других стран (рис. 7).



1 - серпентиниты, перидотиты; 2, 3 - руды: 2 - брекчиевые, 3 - брекчиевидные и порошковые; 4 - скопления зеленого гарниерита; 5, 6 - красная земля: 5 - никеленосная, 6 - безрудная.

Рисунок 7 - Два разреза гарниеритовых месторождений в Новой Каледонии (по Е.Глассеру).

КОБАЛЬТ

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции. Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений

Выделяется четыре геолого-промышленных типа месторождений: кобальт-никелевые латеритные (48,5% общих запасов кобальта); медно-кобальтовые стратиформные (43,1% запасов); сульфидные медно-никелевые (7,2%) и кобальтовые арсенидные (0,1%). Кроме этого кобальт попутно извлекают из колчеданно-полиметаллических, скарново-магнетитовых и некоторых других типов руд (1% мировых запасов Co).

Крупномасштабные процессы концентрации кобальта происходят на дне Мирового океана в кобальтоносных корках и железо-марганцевых конкрециях. Среднее содержание Co в железо-марганцевых конкрециях составляет 0,27%, а в корках – 0,9%. По прогнозным оценкам промышленная разработка их может обеспечить до 14% мирового производства кобальта.

Эндогенные месторождения

Магматические (ликвационные) месторождения (формация сульфидных медно-никелевых кобальтсодержащих руд). Содержание кобальта в рудах этих месторождений составляет 0,06-0,11%. Характеристика месторождений приводится в разделе «Никель».

Скарновые месторождения. Железорудные месторождения в известковых

скарнах с кобальтсодержащими пиритами известны в Казахстане (Соколовско-Сарбайская группа), Азербайджане (Дашкесанское месторождение), Хакасии (Абаканское месторождение). В общем балансе запасов и производства кобальта роль их ничтожна.

Гидротермальные (плутоногенные) месторождения связаны с гранитоидными интрузиями. Рудные тела в виде жил и штокверков локализованы в осадочных, метаморфизованных породах. Руды богаты кобальтом (содержание достигает нескольких процентов), но их экономическое значение невелико (0,5% запасов; 1,5% добычи).

Среди плутоногенно-гидротермальных месторождений выделяются три рудные формации: шмальтин-хлоантит-никелин-аргентитовая (Хову-Аксы, Тува); арсенопирит-глаукокодот-кобальтиновая (Бу-Аззер, Марокко); пятиэлементная Co, Ni, Bi, Ag, U (Эльдорадо, Канада).

Стратиформные месторождения. Стратиформные медно-кобальтовые месторождения Замбии и Заира – один из основных источников кобальта (более 44% запасов, почти 43% добычи). Руды характеризуются высоким содержанием кобальта 0,3%. Характеристика их приводится в разделе «Медь».

Экзогенные месторождения

Месторождения выветривания (формация асболановых руд). Латеритные никелевые месторождения заключают в себе более 46% запасов кобальта и обеспечивают свыше 41% его добычи. Наиболее крупные месторождения находятся в Новой Каледонии, Индонезии, Кубе. Содержание Co в рудах не менее 0,1%.

МОЛИБДЕН

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции. Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений.

Молибден извлекается из скарновых, грейзеновых и гидротермальных месторождений, в которых заключено 94% запасов. Как попутный компонент он отмечается в вулканогенных месторождениях урана, некоторых пегматитах, колчеданных месторождениях, углисто-кремнистых сланцах и углях.

Эндогенные месторождения

Скарновые месторождения (формация молибденоносных скарнов). На долю скарновых месторождений приходится 2,1% суммарных подтвержденных запасов молибдена зарубежных стран. Для России значимость этого типа месторождений значительно выше – 10% запасов и 20% добычи.

Месторождения образуются в экзоконтактовых зонах гранитоидных массивов среди пород карбонатного или алюмосиликатного состава. Состав руд обусловлен составом и особенностями формирования рудоносных интрузий. Наиболее распространены молибденово-вольфрамовые скарновые месторождения, находящиеся в непосредственном контакте гранитоидных пород. Скарновые залежи характеризуются обычно небольшими размерами, сложной морфологией. В отличие от них залежи, образованные при замещении пластов карбонатных пород, более крупные, выдержанные. Рудные тела представлены гранат-пироксеновыми скарнами с эпидотом, везувианом. Главные рудные минералы – молибденит, шеелит, халькопирит, пирит,

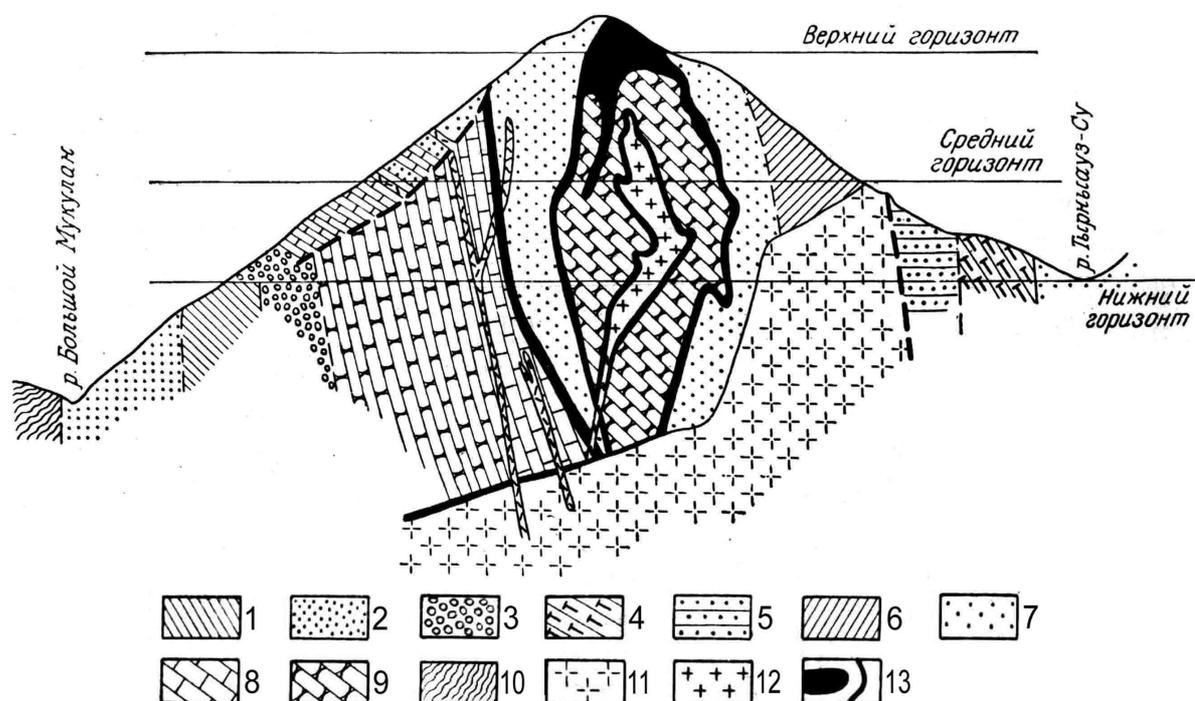
магнетит; второстепенные – сфалерит, галенит, блеклые руды; редкие – самородные висмут, серебро, золото. Содержание Мо колеблется на уровне 0,2-0,5%, содержание WO_3 0,5%.

Наиболее известное скарновое месторождение в России - Тырныауз на Северном Кавказе (рис.8). Месторождения известны в Хакасии, Казахстане, Китае, Средней Азии, США.

Грейзеновые месторождения для Мо имеют небольшое практическое значение. В основном это комплексные W-Мо месторождения, а также W-Sn с молибденом, висмутом и редкими металлами. Грейзеновые месторождения образуют жильные, штокверковые тела или залежи трубообразной формы. Оруденение локализуется в купольных структурах рудоносных гранитоидов, проникая в них на 300-500 м и в надкупольных роговиках.

Молибденовые, часто вольфрам-молибденовые грейзеновые месторождения известны в Забайкалье (Первомайское), Центральном Казахстане (Восточный Коунрад, Акчатау).

Гидротермальные (плутоногенно-гидротермальные) месторождения составляют основу минерально-сырьевой базы молибдена. Среди них выделяются две главные формации: формация кварц-молибденитовых жильных руд и формация кварц-молибденит-халькопиритовая штокверкового типа.



1- черные сланцы; 2 - песчаники; 3 - конгломераты; 4- вулканогенные породы; 5 - аркозовые песчаники; 6 - кварцевые плагиопорфиры; 7 - биотитовые роговики; 8- слоистые мраморы; 9 - массивные мраморы; 10- мигматиты; 11- эльджуртинские граниты; 12- лейкократовые граниты; 13 - скарны.

Рисунок 8 - Схематическая геологическая карта рудного поля Тырныауз, по А. Пэку (1962).

Месторождения кварц-молибденитовой формации тяготеют к ореолам гранитов, расположены чаще в зоне эндоконтакта интрузий, представлены жилами и штокверками. Главный рудный минерал – молибденит, иногда с вольфрамитом; второстепенные – касситерит, шеелит, пирит, арсенопирит, висмутин; жильные – кварц, калиевый полевой шпат и плагиоклаз; второстепенные – мусковит, турмалин, флюорит. Вмещающие граниты часто грейзенизированы. Вертикальная зональность обычно заключается в смене снизу вверх молибденового оруденения вольфрам-молибденовым.

Месторождения этой формации распространены на Дальнем Востоке, в Забайкалье, Горном Алтае, Казахстане.

Формация прожилково-вкрапленных руд. Среди них выделяется два типа: штокверковые медно-молибден-порфиновые (67,8% запасов Мо зарубежных стран) и штокверковые собственно молибден-порфиновые месторождения (24% запасов). Оба типа характеризуются высокой степенью концентрации запасов. Крупнейшие месторождения медно-молибденовых руд известны в Чили (Чукикамата и Эль-Тениенте), а молибден-порфиновые в США (Клаймакс и Гендерсон).

Оруденение связано со штоками порфировых интрузий и локализовано в эндо- и экзоконтактовых зонах. Рудные тела представлены штокверками. Границы проводятся по данным опробования. Штокверки имеют размеры в поперечнике от сотен метров до первых километров. В них развиты кварц-сульфидные прожилки мощностью от 1-2 мм до 2-3 см, а также вкрапленность сульфидов.

Минеральный состав руд собственно молибденовых месторождений определяется наличием молибденита, ассоциирующего с пиритом. Медно-молибденовые отличаются более сложным минеральным составом руд: в них развиты халькопирит, борнит, блеклые руды, галенит, сфалерит. Главные жильные минералы - кварц и серицит.

Среднее содержание Мо в молибден-порфиновых месторождениях колеблется от 0,05 до 0,5%, в медно-молибден-порфиновых от 0,005 до 0,025%. В рудах в переменных количествах содержатся Au, Ag, Re, Se, Te, Bi.

Молибден-порфиновые месторождения известны в Забайкалье (Жирекен), крупнейшие в США (Клаймакс, Гендерсон), большие запасы известны в Канаде, Китае, Монголии. Медно-молибден-порфиновые широко распространены в мире. В России наиболее значительным является Сорское месторождение в Кузнецком Алатау, в Армении (Каджаран и др.). Наиболее крупными в мире являются месторождения Чили (Чукикамата, Эль-Тениенте и др.), Канады, США, Мексики, Китая.

ВОЛЬФРАМ

**Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Кондиции
Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений.**

Промышленные типы руд и кондиции

1. Шеелитовые руды скарнов, содержание WO_3 в них 0,3-0,5%, руды

комплексные, содержат помимо шеелита молибденит, примеси висмута, золота, меди.

2. Кварц-вольфрамитовые руды, содержание WO_3 1-2% и больше, кроме вольфрамита содержат касситерит, шеелит, молибденит, берилл.

Минимальное содержание WO_3 в рудах, приемлемое для промышленной отработки, 0,3-0,5%.

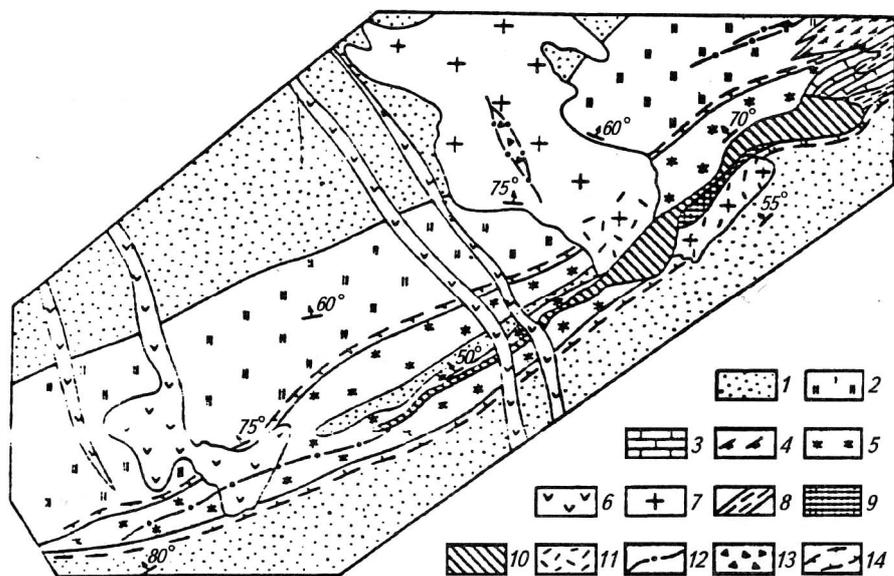
Промышленные типы месторождений

Среди промышленных месторождений W выделяются следующие типы: скарновые, грейзеновые, гидротермальные плутоногенные и вулканогенные, стратиформные, россыпные.

Скарновые месторождения. Рудные тела приурочены к известковым скарнам, развивающимся вдоль интрузивных контактов. Рудные тела имеют форму пластообразных залежей, линз, гнезд. Протяженность рудных тел измеряется сотнями метров, иногда достигает первых километров, по падению они прослеживаются на несколько десятков, иногда сотен метров при мощности от 1-2 до 50 м.

Рудная минерализация приурочена к пироксеновым и гранат-пироксеновым скарнам. Руды характеризуются комплексным составом, среди них выделяются олово-вольфрамовые, молибден-вольфрамовые и полиметаллически-вольфрамовые. Кроме W, Sn и Mo в рудах содержатся Au, Cu. Главные рудные минералы – шеелит, молибденит, касситерит; в меньших количествах присутствуют магнетит, пирротин, пирит, висмутин, халькопирит, галенит и сфалерит.

Скарновые месторождения имеют важное промышленное значение, в них сосредоточено около 25,6% запасов вольфрама (55% разведанных запасов России), добыча составляет 32%. Наиболее известные скарновые месторождения находятся в Приморье (Восток II – рис. 9, Лермонтовское), на Кавказе (Тырныауз), в Средней Азии (Лянгар, Ингичке, Чорух-Дайрон), в Китае, Канаде, США.



1 - песчаники; 2 - кремнистые породы; 3 - известняки; 4 - спессартиты; 5 - роговики; 6 -

гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, диоритовые и диабазовые порфириты; 7 - гранодиориты, плагиограниты; 8 - скарны; 9 - шеелит-кварцевые руды; 10 - шеелит-сульфидные руды; 11 - грейзенизация; 12 - разломы; 13 - зоны брекчий; 14 - границы рудовмещающего горизонта.

Рисунок 9 - Схема геологического строения месторождения Восток-П (по А.Н.Ивахину, с дополнениями Б.С.Чернова).

Грейзеновые месторождения вольфрама генетически связаны с кислыми и ультракислыми лейкократовыми гранитами, обогащенными летучими компонентами: F, V, иногда калием и редкими щелочами. Оруденение приурочено к выступам, куполам и может быть локализовано как в самих куполах, так и породах кровли. Рудные тела имеют форму штоков, штокверков, реже жил или жильных зон. Последние прослеживаются по простиранию на десятки и сотни метров и до 300-500 м на глубину при мощности 0,3-0,5, реже до 1м. Вмещающие породы грейзенизированы, наибольшим развитием пользуются кварц-топазовые, кварц-слюдистые, кварцевые грейзены.

В большинстве случаев месторождения имеют комплексный состав руд: олово-вольфрамовый или молибден-вольфрамовый. Главные минералы руд – вольфрамит, молибденит, касситерит. Жильные минералы представлены кварцем, слюдами, плагиоклазом, микроклином, топазом, турмалином, флюоритом. Помимо Sn и Mo попутными компонентами являются Bi, Nb, Ta, Be, Au.

Грейзеновые месторождения играют существенную роль в балансе запасов вольфрама (42% запасов вольфрама зарубежных стран, 25% запасов России), но обеспечивают всего 6% добычи.

К числу наиболее известных районов их локализации относятся Забайкалье (Спокойнинское месторождение), Казахстан (Акчатау, Кара-Оба), Рудные горы Чехии и Германии, Монголия, Китай, Австралия.

Гидротермальные (плутоногенные) месторождения по составу руд, условиям локализации тесно связаны с грейзеновыми месторождениями. В отличие от последних они располагаются на большем удалении от куполовидных выступов рудоносных интрузивов. Нередко эти два типа совмещаются в одном месторождении, будучи связанными постепенными переходами.

Рудные тела представлены штокверками, чаще жилами. Протяженность жил составляет десятки и сотни метров, а их свиты прослеживаются на несколько километров. Средняя мощность – 0,5-1м, глубина по падению – 300-500 м.

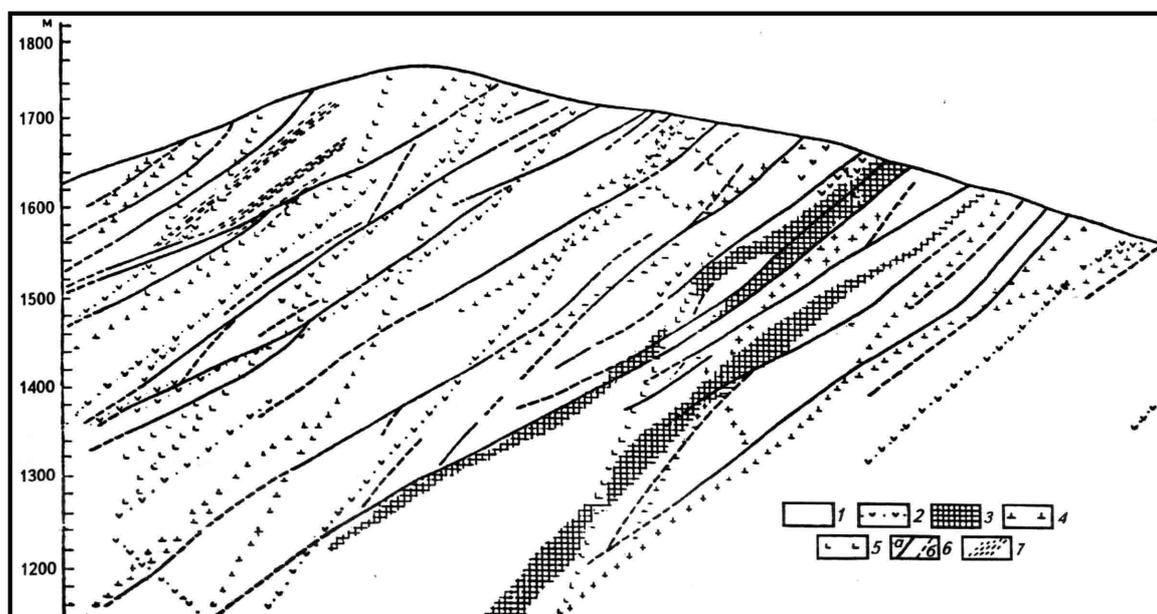
Руды характеризуются комплексным составом, среди них выделяются кварц-вольфрамитовые, кварц-гюбнеритовые, касситерит-вольфрамитовые, кварц-сульфидно-вольфрамит-гюбнеритовые. Главные минералы руд – вольфрамит, касситерит, молибденит, висмутин; в меньшем количестве пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит. Жилы сложены в основном кварцем, которому сопутствуют турмалин, плагиоклаз, мусковит, микроклин, топаз, флюорит, апатит.

Вмещающие породы грейзенизированы, участками наблюдается турмалинизация, окварцевание, березитизация. Иногда на месторождениях наблюдается зональность, связанная со сменой кварц-вольфрамитовой ассоциации сульфидной, кварц-флюоритовой и пострудной карбонатной.

Плутоногенные месторождения пользуются широким распространением, в них находится около 15% разведанных запасов и более 50% добычи вольфрама. Наиболее известные месторождения находятся на Чукотке (Иультин), в Забайкалье (Холтосон – рис. 10, Букука), Казахстане, Португалии, Великобритании, Франции, Канаде, Австралии.

Гидротермальные (вулканогенные) месторождения - редкий тип месторождений. Месторождения характеризуются комплексным составом руд (Sn-W-Bi, Sn-Ag-W, Hg-Sb-W), в которых вольфрам имеет обычно подчиненное значение. Месторождения располагаются в областях современного и молодого вулканизма и обнаруживают связь с вулканитами андезит-дацит-риолитового состава. Рудоносными структурами служат вулканические купола, жерловые зоны. Рудные тела представлены штокверками и жильными зонами. Наиболее существенными по масштабам являются месторождения боливийского типа, охарактеризованные в разделе «Олово». Помимо этого известны месторождения киноварь-антимонит-шеелит-ферберитовые, которые как вольфрамовые большого значения не имеют.

Стратиформные месторождения. Этот тип месторождений выделен сравнительно недавно – с 70-х годов. Существуют противоречивые точки зрения на генезис рудных объектов, не имеющих связи с магматическими формациями.



1 - кварцевые диориты; 2 - микродиориты и диоритовые порфириты; 3 - бостониты; 4 - серые сиениты; 5 - серые кварцевые сиенит-порфиры; 6 - установленные (а) и предполагаемые (б) кварц-сульфидно-гюбнеритовые жилы; 7 - тектонические зоны и нарушения.

Рисунок 10 - Схематический геологический разрез через центральную часть Холтосонского месторождения (по А.Щеглову и Т.Буткевичу).

Экзогенные месторождения

Россыпи вольфрама тесно связаны с коренными грейзеновыми и плутоногенными гидротермальными месторождениями, расположены в непосредственной близости от них и отрабатываются часто совместно с ними. Элювиальные и аллювиальные россыпи характеризуются небольшими масштабами. Содержание вольфрамита в них от 0,3 до 20 кг/м³. Месторождения известны в Магаданской области, Якутии, Забайкалье (Шерлова Гора), Казахстане, Китае, Бирме, Таиланде, США.

Тема 2 (4 часа). Геолого-промышленные типы месторождений руд цветных металлов

МЕДЬ

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Геохимия и минералогия. Типы руд и кондиции

Медь извлекается из сульфидных руд (до 80%). Остальная добыча приходится на карбонаты, оксиды, силикаты и самородную медь. Минимальное промышленное содержание - 1%, при больших запасах комплексных руд допускается как приемлемое для промышленной отработки содержание 0,5%.

Промышленные типы месторождений

Месторождения меди весьма разнообразны. Среди промышленных месторождений выделяют: магматические, карбонатитовые, скарновые, гидротермальные плутоногенные (меднопорфировые), колчеданные, стратиформные (медистые песчаники и сланцы).

В России основное значение по запасам и добыче имеют месторождения четырех типов: медно-никелевые, медно-порфировые, медно-колчеданные и медистых песчаников и сланцев.

Эндогенные месторождения

Магматические месторождения. В этой группе выделяется два неравноценных типа: сульфидные Cu-Ni месторождения базит-гипербазитовых формаций; Cu-Ti (или ванадиево-железо-медные) месторождения в габброидах.

В месторождениях первого типа (формация сульфидных медно-никелевых руд) сосредоточено 1,8% запасов меди зарубежных стран. Значительно более существенное значение они имеют в балансе запасов и добыче меди в России (почти 45%). Характеристика этих месторождений приводится в разделе «Никель». Два из этих месторождений – Талнахское и Октябрьское - относятся к числу уникальных по запасам меди.

Медно-титановые месторождения немногочисленны и невелики по запасам меди. Они связаны с дифференцированными массивами габброидов платиноносного пояса Урала, где известно несколько небольших объектов. Наиболее известное и типичное – крупное Волковское месторождение на Урале (2,5% общероссийских запасов меди). Медные руды образуют зону протяженностью свыше 3 км. На месторождении насчитывается около 200 рудных тел, большая часть их сложена медносульфидными,

титаномагнетитовыми и апатитовыми рудами. Главные минералы – борнит, халькопирит, немного халькозина, ванадийсодержащий титаномагнетит, апатит. Медносульфидное оруденение имеет вкрапленный характер. Среднее содержание Cu 0,65%. Главным промышленным компонентом является медь, существенное значение имеют Fe, V, Ti и P. Отмечены примеси Au, Ag, Pd, Pt, Se и Te.

Карбонатитовые месторождения. Этот тип месторождений был выделен недавно благодаря открытию уникального по запасам, но пока единственного в мире промышленного месторождения Палабора в ЮАР. Это комплексное месторождение, приуроченное к массиву ультраосновных щелочных пород, представляющему трубообразное тело диаметром 0,5-0,7 км, прорывающее архейские граниты. Карбонатиты находятся в центральной части массива. Медная минерализация локализована в карбонатитах и представлена прожилками и зонами вкрапленности. Главные минералы меди – борнит, халькопирит, кубанит. Отмечаются примеси других минералов – торианит, бадделеит и др. Среднее содержание Cu – 0,68%. Рудное тело прослежено до глубины 900м. Запасы Cu – 1,5 млн. т. Помимо Cu, магнетита и апатита из руд извлекают U, Th, Au, Ag.

Скарновые месторождения формируются в экзоконтактовых зонах гранитоидных интрузий, прорывающих известняки. Возникающие в этих условиях известковые скарны гранат-пироксенового состава образуются и по вмещающим породам и по гранитоидам. Промышленные рудные тела характеризуются сложной морфологией, небольшими размерами, комплексным составом руд. В этих месторождениях обычно сочетание борнит-халькопиритового и магнетитового оруденения. Руды прожилково-вкрапленные. Содержание меди высокое, но неравномерное, в среднем 1,5-3%. Сопутствующими компонентами являются Fe, Au, Co, Ag, Se, Te, Mo.

Скарновые месторождения многочисленны, но обычно невелики по масштабам. Доля их в мировых запасах 3,2%, в России роль этого типа более существенна.

К скарновым относятся месторождения Турьинской группы на Урале, Юлия в Западной Сибири, Саякское в Казахстане, месторождения США, Мексики, Перу и др.

Гидротермальные плутоногенные месторождения. Среди плутоногенных гидротермальных месторождений выделяют меднопорфировые, связанные с гипабиссальными порфировыми интрузиями умеренно-кислого состава и жильные. Меднопорфировые месторождения играют главенствующую роль в запасах и добыче меди таких стран, как Чили, США, Перу, Мексика, Индонезия, Иран, Филиппины. Им свойственен ряд особенностей: связь оруденения с порфировыми интрузиями гранитоидного состава; прожилково-вкрапленный штокверковый характер минерализации, развитой в эндо- и экзоконтактовых зонах порфировых штоков; устойчивый минеральный состав руд (главные минералы – пирит, халькопирит, магнетит, молибденит); относительно низкие содержания меди в первичных рудах; выдержанная зональность оруденения и гидротермально измененных пород;

крупные и гигантские масштабы; комплексный многометалльный состав руд, их высокая технологичность, пригодность для отработки большими карьерами. Они составляют 61,9% мировых подтвержденных запасов.

Наблюдается зависимость состава руд от состава рудоносных интрузий, в связи с чем выделяются молибден-медно-порфиновые, медно-молибден-порфиновые, собственно молибден-порфиновые, медно-порфиновые и золото-медно-порфиновые.

Рудные тела меднопорфировых месторождений располагаются в апикальной части рудоносных штоков: 65% в эндоконтактных зонах, 25% - в их ближайшем экзоконтакте (300-500 м), 10% - в далеком экзоконтакте (500-1500 м). Они представляют собой систему пересекающихся прожилков и рассеянной рудной вкрапленности среди гидротермально измененных пород рудоносных штоков и вмещающих образований. Форма штокверков в плане различна, чаще всего это изометричные тела, овальные, кольцевые, иногда линейно-вытянутые. Рудные тела не имеют четких границ и оконтуриваются по данным опробования.

В качестве попутных компонентов, кроме Mo и Au, из руд извлекают Ag, As, Se, Te, Re и другие элементы.

Минеральный состав руд: пирит, халькопирит, молибденит, в небольших количествах присутствуют сфалерит, галенит, часто магнетит. Встречаются борнит, энаргит, блеклые руды, халькозин. Из нерудных наиболее широко распространены кварц, серицит, биотит, минералы группы каолина. Среднее содержание Si в первичных рудах 0,2-0,7%.

Размеры рудных залежей обычно велики, площадь их нередко измеряется квадратными километрами, объемы достигают 1 км^3 , а иногда и больше.

Меднопорфировым месторождениям свойственна зональность. Центральные зоны характеризуются слабым проявлением Cu-Mo оруденения. Внутренние зоны окружают центральные в виде колпака. Здесь наблюдаются процессы интенсивного окварцевания, серицитизации, хлоритизации пород. В этих зонах сосредоточены основные промышленные концентрации медных и медно-молибденовых руд. Внешние зоны характеризуются развитием аргиллизации, алунитизации, интенсивной пропилитизации вмещающих пород. В этих зонах локализована в основном жильная полиметаллическая минерализация.

Важную роль для оценки меднопорфировых месторождений играет развитие процессов окисления, формирующих вторичную вертикальную зональность руд. Зона окисления сложена малахитом, азурином, купритом, хризоколлой; зона вторичного сульфидного обогащения, мощность которой иногда достигает 200-300 м, сложена халькозином, ковеллином. В последней зоне содержание меди в 1,5-2,5 раза выше, чем в первичных рудах.

Меднопорфиновые месторождения широко распространены. В мире их известно около 150. Выделяется три пояса распространения меднопорфировых месторождений: Тихоокеанский (Чили, Перу, США, Мексика, Канада), здесь сосредоточена преобладающая часть запасов; Средиземноморский (Югославия, Болгария, Армения, Турция, Иран, Афганистан); Казахстано-Монгольский

(Казахстан, Узбекистан, Китай). В числе наиболее известных месторождений могут быть названы Коунрад (Казахстан), Песчанка (Россия), Чукикамата, Эль-Тениенте (Чили), Бингем (США) и др.

Жильные месторождения распространены довольно широко, но крупные объекты встречаются редко, в них содержится всего 1% мировых запасов. К жильным относятся Чатыркульское месторождение (Казахстан), Бьютт (США). Вмещающими породами часто являются гранитоиды или вулканогенно-осадочные породы. Рудные тела имеют форму ветвящихся жил. Главные рудные минералы – халькопирит, иногда энаргит, жильные – кварц и карбонаты; второстепенные – пирит, молибденит, халькозин, борнит, блеклые руды, галенит, сфалерит. Кроме меди извлекаются благородные и рассеянные металлы.

Гидротермальные (вулканогенные) месторождения. К этому классу относятся редкие месторождения формации самородной меди с цеолитами (месторождение оз. Верхнего, США). В России известны лишь рудопроявления этого типа. Рудовмещающие породы представлены миндалекаменными базальтами, переслаивающимися с конгломератами. Самородная медь выполняет миндалины в верхних частях покровов. Самородная медь (редко Ag) ассоциирует с цеолитами, кальцитом, кварцем, хлоритами.

Колчеданные месторождения связаны с вулканогенными и вулканогенно-осадочными формациями. Они обычно тяготеют к верхним частям разреза рудоносных формаций, располагаясь в вулканогенно-осадочных или терригенных породах, фиксирующих прекращение или затухание активного вулканизма. Размещение месторождений контролируется положением вулканических центров, рудные тела приурочены к локальным вулканическим структурам. Форма рудных тел весьма разнообразна. В большинстве случаев это линзовидные, нередко пластообразные залежи согласные с вмещающими породами. Протяженность рудных тел достигает иногда 3-5 километров при мощности до 100 м. Некоторые месторождения характеризуются многоярусным строением.

Как правило, руды массивные и полосчатые, на контактах прожилково-вкрапленные.

Минеральный состав характеризуется резким преобладанием сульфидов железа (90-95%). Они ассоциируют с халькопиритом, галенитом, сфалеритом, блеклыми рудами, суммарное количество которых составляет 5-10%. Нерудные минералы представлены кварцем, серицитом, хлоритом. Содержание меди, в среднем, 1,4%, цинка 2%. Кроме этого в промышленных количествах содержатся Au (0,2-10 г/т), Ag (30-40 г/т), Cd, Se, Te, Co.

Околорудные изменения заключаются в окварцевании, хлоритизации, серицитизации.

Колчеданные месторождения широко распространены, в них содержится 8,4% запасов меди. В России разведано 55 медноколчеданных месторождений, содержащих 28% общероссийских запасов. Одно из них – Гайское относится к разряду уникальных по запасам. Наибольшей известностью пользуются месторождения Урала (Гайское, Сибайское, Блявинское, Учалинское и др.),

Северного Кавказа, Закавказья, Канады, Кипра, Испании, Японии, Турции и др.

Сульфидные руды океана – одно из крупнейших открытий последнего времени. Известно два типа проявлений гидротермальных сульфидов на дне океана – металлоносные осадки и массивные сульфиды.

Металлоносные осадки обнаружены в Красноморском рифте. Здесь установлен ряд впадин, заполненных металлоносными осадками и гидротермальными минерализованными рассолами. В одной из них – Атлантис II размером 6х15 км отмечается активная гидротермальная деятельность и продолжающийся процесс накопления металлоносных осадков. Прослойки сульфидных фаций содержат сфалерит, реже пирит, барит, более редко кубанит, халькопирит и др. Обнаружены самородное Fe, Al и Pb. Мощность осадков 30-100 м, мощность сульфидных горизонтов 1-7 м. Средние содержания металлов (в %): Fe 23, Zn 2,4, Cu 0,8, Pb 0,05.

Массивные сульфиды в виде конусовидных построек были впервые обнаружены в 1978 г. В настоящее время известно около 50 районов распространения сульфидных руд в Мировом океане. Многие находятся в активной стадии. Через трубообразные конусы сульфидных построек поступают гидротермальные растворы (температура около 350⁰), насыщенные минеральными частицами и рассеивающиеся в воде подобно дыму в воздухе. Благодаря этому сульфидные трубы получили название «черные курильщики». В настоящее время они выявлены в зоне Восточно-Тихоокеанского поднятия, в районах задугового спрединга Тихого океана, в пределах Срединно-Атлантического хребта. Сульфидные постройки разнообразны по форме, строению и минеральному составу. Крупные тела имеют форму холмов или труб. Холмы имеют конусообразную форму высотой до 50 м, иногда форму труб, колонн высотой до 15-20 м. Минеральный состав сульфидных руд гидротермальных построек весьма разнообразен. Наибольшим развитием пользуются пирит и марказит (около 50%), сульфиды Zn (около 34%), пирротин, халькопирит, кубанит, реже встречаются галенит, арсенопирит, никелин, молибденит, минералы Ag, самородная Cu, Au и др. Рост сульфидных построек происходит быстро. Конические сульфидные сооружения с диаметром основания 6 м и высотой 3 м, имеющие массу около 41 т, сформировались за 70 лет.

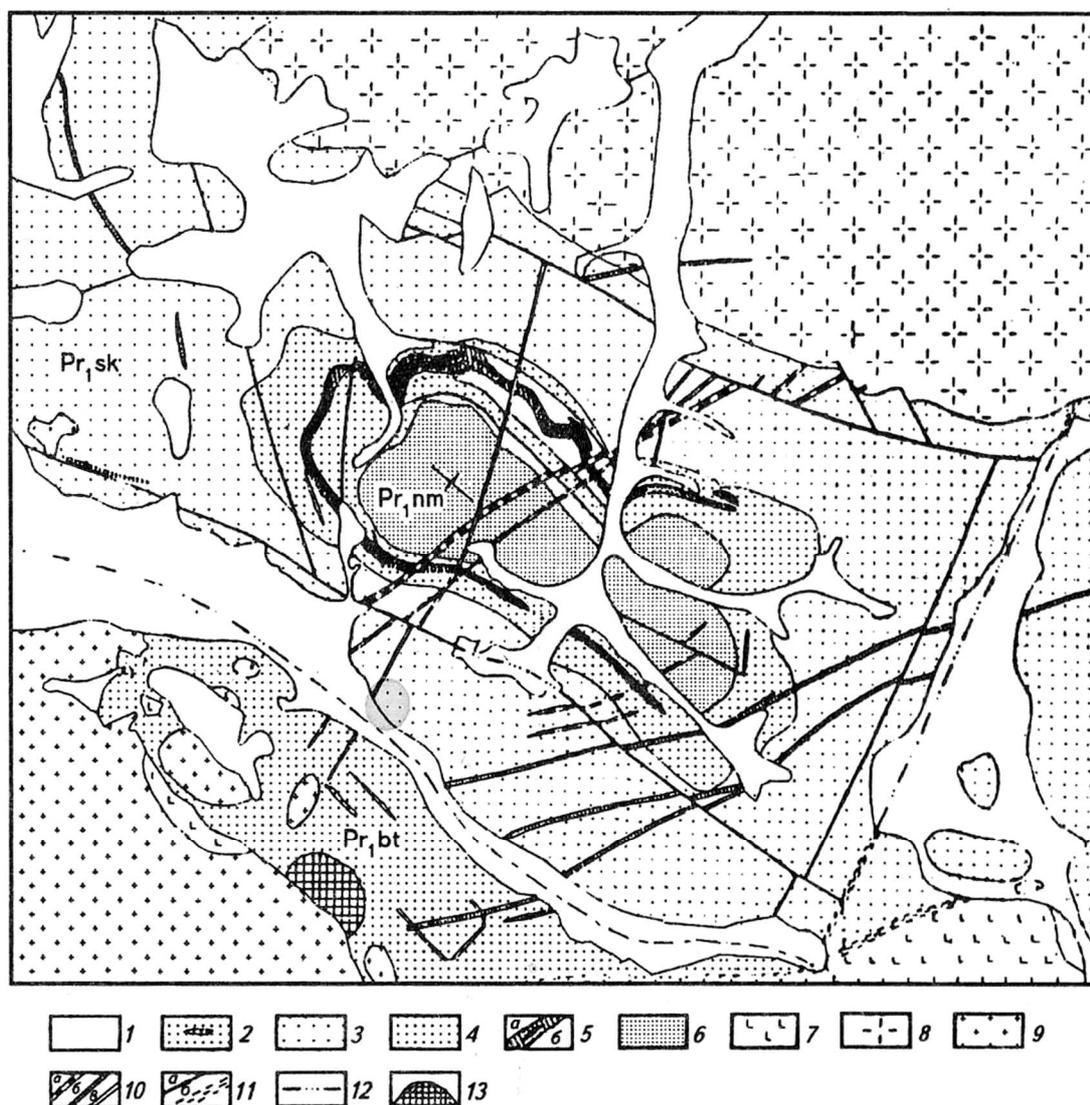
Стратиформные месторождения, формация медистых песчаников и сланцев. Наиболее характерными особенностями месторождений являются приуроченность к пестроцветным терригенным толщам; согласное залегание с вмещающими породами; пластовые, линзовидные, лентовидные формы; выдержанность рудных тел; значительная их протяженность (до нескольких километров) при малой мощности; наличие многоярусных залежей; отсутствие околорудных изменений, иногда слабое проявление окварцевания, карбонатизации; простой минеральный состав. Главными минералами месторождений являются халькозин, борнит, халькопирит. В рудах в промышленных количествах присутствуют попутные компоненты: Pb, Zn, As, рассеянные элементы (Re, Se, Te), иногда Co, U, платиноиды и др.

Месторождения характеризуются крупными размерами, нередко относятся

к уникальным по запасам. Содержание Cu колеблется от 1 до 6%.

В настоящее время большинство исследователей поддерживают концепцию полигенного и полихронного генезиса стратиформных месторождений. Согласно этой концепции первичные руды стратиформных месторождений имеют осадочное происхождение, но позднее под воздействием подземных горячих минерализованных вод, испытали в ряде случаев заметные преобразования.

Наиболее крупные стратиформные месторождения медистых песчаников и сланцев находятся в Казахстане (Джезказган), Польше, Замбии, Заире. Из российских наибольший интерес представляет Удокан (рис. 11).



1 - четвертичные отложения; 2 - бутунская свита; 3 - сакуканская свита; 4 - рудовмещающая толща; 5 - рудоносный горизонт (а) и рудные тела (б); 6 - намингинская свита (PR_1); 7-9 - комплексы: 7 - чинейский (PR_1), 8 - копарский (PR_2), 9 - ингамакитский (PR_2); 10 - дайковые тела комплексов: а - чинейского, б - доросского, в — кодарского; 11- тектонические разломы 1-го (а) и 2-го (б) порядков; 12 - предполагаемое продолжение разломов под четвертичными отложениями; 13 - магнитная аномалия.

Рисунок 11- Схематическая геологическая карта района Удоканского месторождения (по П.Петровскому, 1987).

СВИНЕЦ и ЦИНК

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Геохимия и минералогия. Промышленные типы руд и кондиции

1. Простые по составу свинцово-цинковые руды.
2. Полиметаллические руды являются комплексными. Помимо двух главных металлов в том или ином количестве могут присутствовать Cu, Sb, Bi, Sn. Попутные компоненты руд Cd, Au, Ag, Se, Te, Ge, Ga, Ta, In. В полиметаллических рудах сосредоточено более 80% мировых запасов Cd, около 50% Tl, 25-30% Ge, 20-25 Se, Te, In, 15-20% Ga и Bi. Эти руды дают 50% мировой продукции Ag.

Свинцово-цинковые руды относятся к богатым при содержании Pb более 4% или Pb и Zn более 7%. Бедные руды характеризуются содержанием Pb 1,2-2% или суммы Pb и Zn не ниже 4%.

Промышленные типы месторождений

Свинец и цинк извлекают в основном из комплексных руд, содержащих Cu, Au, Ag и другие металлы. Среди промышленных месторождений Pb и Zn выделяются: скарновые, плутоногенные гидротермальные, колчеданные, стратиформные.

Эндогенные месторождения

Скарновые свинцово-цинковые месторождения связаны с вулканоплутоническими ассоциациями. Рудные тела ассоциируют с известковыми скарнами, они располагаются на удалении от контактов с интрузиями, характеризуются сложной морфологией. Состав скарнов определяется преобладанием геденбергита, в меньших количествах присутствуют гранат, волластонит. Руды обычно богатые сплошные и вкрапленные. Содержание Pb 6-12%, Zn 6-14%, Ag 30-300 г/т. Соотношения Pb и Zn близко 1:1. Типичные элементы-примеси Cd, Sn, Cu, In, Bi, Ag, Sb.

Свинцово-цинковые скарновые месторождения в мировом балансе запасов имеют подчиненное значение. Для России роль этих месторождений более существенна. Месторождения известны в Приморье (Николаевское, Верхнее и др.), Забайкалье (Смирновское и др.), Средней Азии (Алтын-Топкан), Швеции, Югославии, США и др.

Гидротермальные месторождения (плутоногенные) представлены жильными рудными телами. Вмещающие породы весьма разнообразны – гранитоиды, известняки, песчано-сланцевые отложения и др. В составе руд преобладают галенит и сфалерит, в меньших количествах содержатся халькопирит, пирит, пирротин, иногда блеклые руды, минералы серебра, нерудные – кварц, карбонаты, барит.

Месторождения чаще мелкие и средние по запасам. Промышленное значение этой группы скромное.

Месторождения известны на Северном Кавказе (Садонское, Згидское), в Средней Азии, Чехии, США, Канаде и других странах.

Колчеданные месторождения представлены двумя типами: колчеданно-полиметаллическими в вулканогенных формациях и колчеданно-полиметаллическими в терригенных формациях. Промышленное значение их

весьма существенное, в них сосредоточено более 60% подтвержденных запасов.

Месторождения первой группы представлены широко известным рудно-алтайским типом, близким к нему типом куроко, хандизинским типом и другими. Они связаны с дифференцированными базальтоидными формациями. Среди пород, слагающих рудоносные формации, преобладают кислые вулканы (лавы, лавобрекчии, туфы, игнимбриты), составляющие 45-50% от общего объема. Базальты, их туфы значительно уступают кислым разностям, составляя 10-15%. На долю осадочных пород – песчаников, алевролитов, известняков приходится до 35-40%.

Основные особенности этих месторождений находятся в прямой зависимости от состава, строения, эволюции рудоносной формации. Формирование рудных залежей происходило в двух основных типах обстановок: на куполовидных поднятиях и в депрессионных структурах.

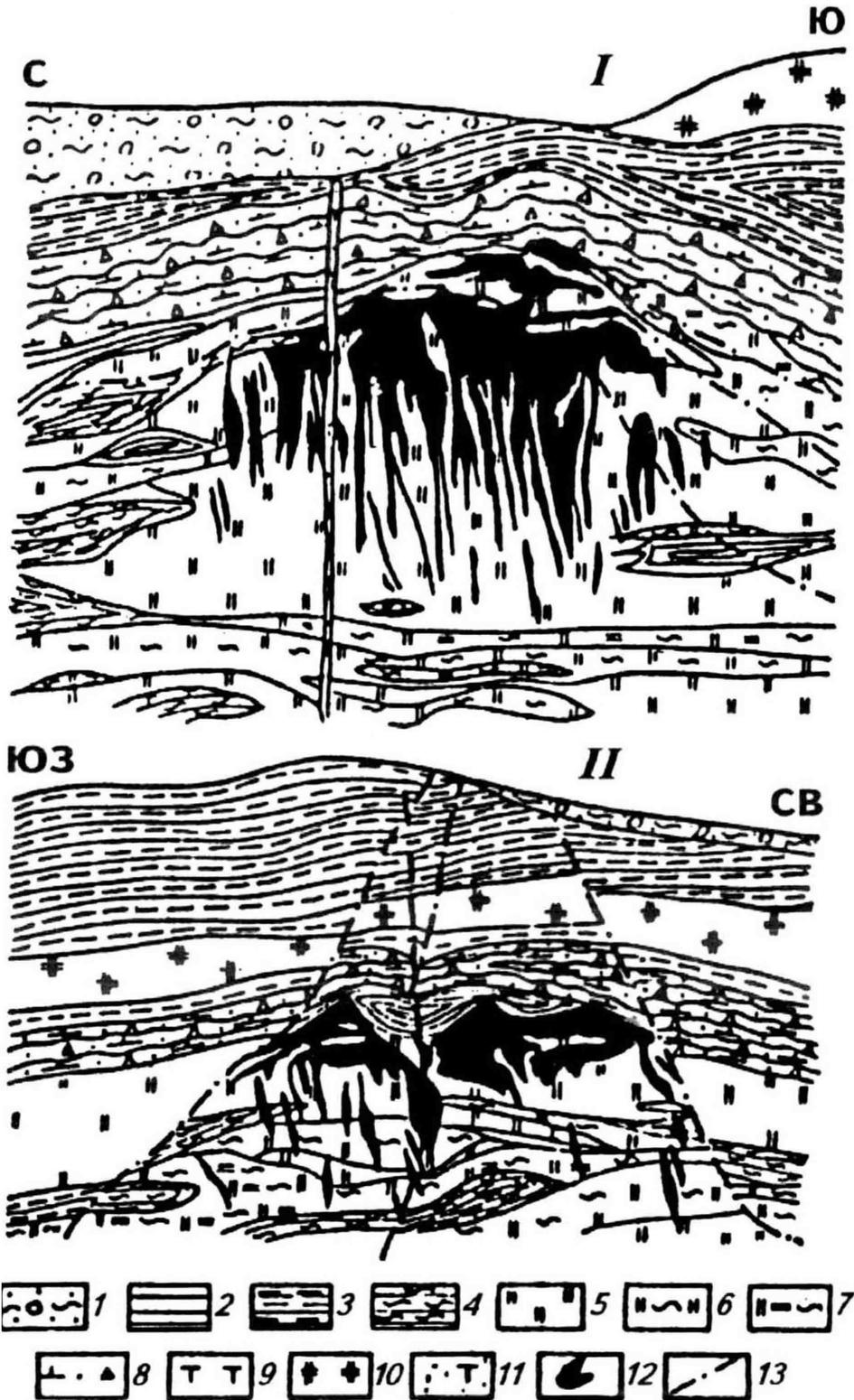
Месторождениям первого типа свойственна линзовидная форма согласных рудных тел; хорошее развитие подрудных штокверковых зон, где часто сосредоточены значительные запасы руд (рис. 12). Месторождения второго типа, приуроченные к локальным депрессионным структурам, характеризуются пластообразной формой выдержанных по мощности рудных тел; слабым развитием подрудных зон или их полным отсутствием; преобладанием слоистых текстур руд. Пластообразные залежи простираются на сотни метров, иногда 1-2 километра; мощность их колеблется от нескольких метров до 15-20, иногда 50 м.

Рудные тела сложены в основном медно-свинцово-цинковыми и свинцово-цинковыми рудами, реже присутствуют медноколчеданные, барит-полиметаллические руды.

Зональность рудных залежей проявляется в смене (снизу вверх) серноколчеданных, медноколчеданных, медно-цинковоколчеданных, полиметаллических и барит-полиметаллических руд.

Вулканогенные колчеданные месторождения часто представлены крупными объектами. Это месторождения Рудного Алтая (Риддер-Сокольное, Карбалихинское, Тишинское и др.), Салаирского кряжа (Салаирское), Западного Забайкалья (Озерное). Представителями этого типа являются месторождение Куроко в Японии, месторождения Канады, Испании, США и многие другие.

Колчеданно-полиметаллические в терригенных формациях связаны с углеродистыми терригенно-флишоидными формациями, в состав которых нередко входят вулканические комплексы базальтового или риолит-базальтового ряда. Рудоконтролирующими структурами служат локальные палеодепрессии высоких порядков. Рудные тела, как правило, локализованы среди углеродистых черносланцевых комплексов, приуроченных к средним частям формаций. При этом отмечается, что рудовмещающие углеродистые толщи пространственно связаны с карбонатными и вулканогенными толщами. Предполагается, что именно вулканические комплексы служат основным источником рудообразующих растворов.



Примерами таких месторождений являются месторождения Большого
 1 - рыхлые отложения; 2 - алевропелиты; 3 - известковистые алевропелиты; 4 - серицитизированные алевропелиты; 5 - микрокварциты; 6 - серицит-хлорит-кварцевые породы; 7 - серицитизированные микрокварциты; 8 - агломератовые туфы смешанного состава; 9 - миндалекаменные плагиоклазовые порфириды; 10 - кварцевые альбит-порфиры; 11 - диабазы и диабазовые порфириды; 12 - полиметаллическая руда; 13 - разломы.

Рисунок 12 - Разрезы рудных залежей Риддер-Сокольного месторождения: I - Юго-Западная, II - Победа (по данным Лениногорского рудника).

Кавказа (Филизчайское, Катехское), Олокитского прогиба (Холоднинское), Енисейского кряжа (Горевское и др.), австралийские месторождения – Маунт-Айза и др.

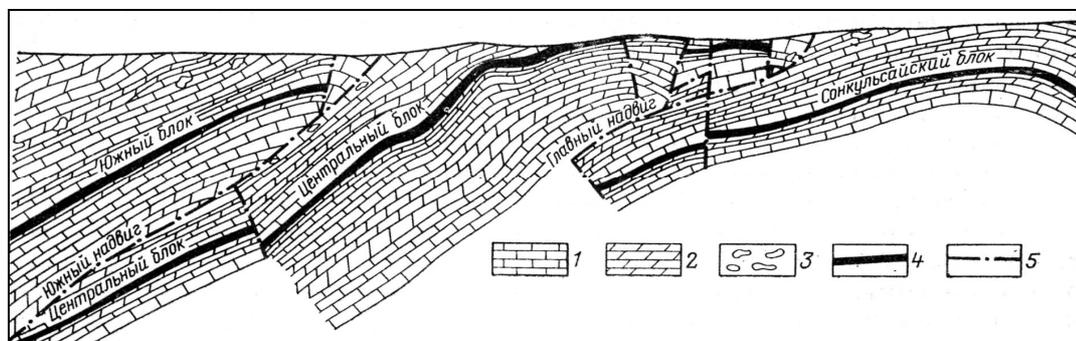
Некоторые месторождения локализованы в древних протерозойских и нижнепалеозойских комплексах и вместе с ними подверглись метаморфизму (Брокен-Хилл в Австралии, Салливан в Канаде). Вмещающие породы этих месторождений испытали складчатые деформации и метаморфизм, а руды перекристаллизованы.

Стратиформные месторождения. В большинстве случаев свинцово-цинковые стратиформные месторождения связаны с карбонатными формациями. Эти формации сложены известняками и доломитами, часто битуминозными, с прослоями черных сланцев, кремнистых пород. Фациальные особенности пород свидетельствуют о формировании их в мелководных прибрежно-морских, лагунных условиях.

Рудные тела стратиформных месторождений представлены согласными пластовыми и лентовидными залежами и размещаются в одном или нескольких стратиграфических горизонтах. Залежи отличаются большой протяженностью (от сотен метров до первых километров), шириной (800-1000 м) при мощности от 0,5 до 200 м. Руды сложены сфалеритом, галенитом с незначительным количеством пирита, марказита, халькопирита, барита.

Дискуссионным является вопрос о генезисе стратиформных месторождений. Наиболее вероятным представляется двухэтапный процесс формирования. В ранний гидротермально-осадочный этап из гидротермальных растворов эндогенного происхождения, достигавших морского дна, в застойной обстановке локальных палеодепрессий осаждались сульфиды в виде рудных илов. Преобразование сульфидов происходило на стадии диагенеза при участии органического вещества. Второй этап (регенерации) связан с тектоническими и метаморфическими процессами перекристаллизации и перераспределения рудного вещества.

Типичными представителями данной группы могут быть названы месторождения России (Сардана), Казахстана (Миргалимсай, Ачисай – рис. 13), Узбекистана (Уч-Кулач), США (долина реки Миссури и др.), Канады (Паин-Поинт) и других стран.



1 - известняки; 2 - доломиты; 3 - брекчированные известняки; 4 - рудные тела; 5 - тектонические послерудные нарушения.

Рисунок 13 - Схематический разрез Миргалимсайского свинцово-цинкового месторождения в Каратау, Казахстан.

АЛЮМИНИЙ

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Геохимия и минералогия. Промышленные типы руд и кондиции

1. Бокситы – важнейшая алюминиевая руда. Это горная порода, состоящая из гидроксидов алюминия, оксидов и гидроксидов железа, глинистых минералов и кварца. В промышленных бокситах содержание Al_2O_3 больше 28%, соотношение Al_2O_3/SiO_2 не меньше 2,6, содержание железа должно быть меньше 7,5%.
2. Небокситовое алюминиевое сырье.

Магматические породы: нефелиновые (в нефелиновых сиенитах Кия-Шалтырского месторождения установлено 0,825 г/т Pd и 0,04 г/т Au), уртитовые (содержат примеси платиноидов - в уртитях Кия-Шалтырского месторождения содержится 0,049 г/т Rh, в уртитях Горячегогорского месторождения выявлено 2,9 г/т металлов платиновой группы), апатит-нефелиновые Кольского полуострова, Прибайкалья, Забайкалья и др. $Al_2O_3 > 22,5\%$, $SiO_2 < 45\%$, $Na_2O+K_2O > 9,5$; $Fe_2O_3 < 7\%$. Среди магматических пород перспективны анортитовые, лейцитовые и другие высокоглиноземистые изверженные породы.

Гидротермальные алунитовые руды формируются в областях молодого вулканизма в результате воздействия вулканических сернистых газов и растворов, обогащенных серной кислотой, на вмещающие вулканические алюмосиликатные породы. Месторождения известны на Кавказе, Закарпатье, Казахстане, Средней Азии, Приморье. Руды, которые не требуется обогащать, должны содержать $> 50\%$ алунита и $< 10\%$ глинистых минералов.

Каолиновые глины, высокоглиноземистые аргиллиты (содержание $Al_2O_3 > 30-35\%$).

Метаморфические руды: высокоглиноземистые сланцы кианитовые, андалузитовые, силлиманитовые. Крупнейшие месторождения кианитовых сланцев разведаны на Кольском полуострове, где могут разрабатываться открытым способом. Месторождения силлиманитовых сланцев имеются в Карелии, на Урале, в Иркутской области, Бурятии, Красноярском крае и в Казахстане. Используемые концентраты должны содержать (в %): $Al_2O_3 > 54$, $Fe_2O_3 < 1,2$, $CaO < 0,8$; $K_2O+Na_2O < 1,6$.

Геотехногенные отходы металлургических и горнодобывающих предприятий (хвосты обогащения углей, золы углей, отходы при переработке руд черных, цветных металлов и химической промышленности).

Промышленные типы месторождений

Все бокситовые месторождения относятся к экзогенным образованиям.

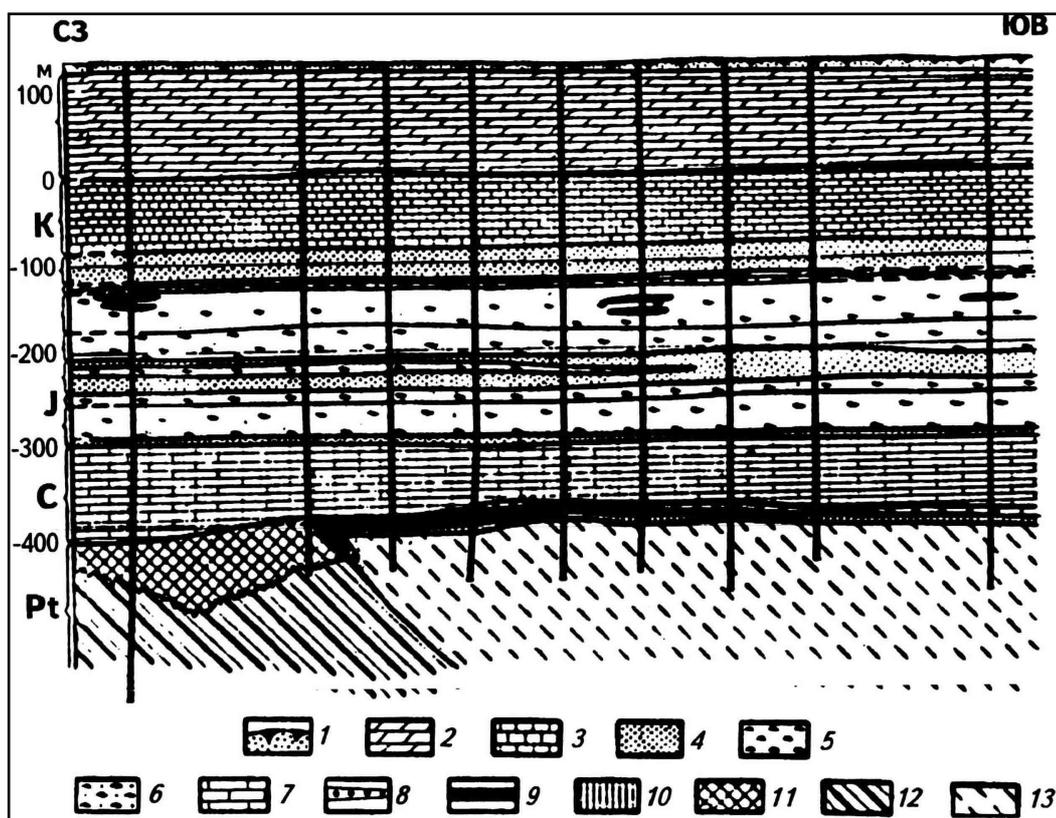
Э к з о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Месторождения выветривания (остаточные) образуются при латеритном выветривании алюмосиликатных пород щелочного, среднего и кислого, иногда основного состава в условиях тропического и субтропического климата. Основными рудообразующими минералами являются гиббсит и гематит с примесью бемита. Цвет бокситов обычно светло-розовый, бурый или красновато-коричневый. В верхней части бокситы представлены плотными каменистыми рудами с массивной, полосчатой и сланцеватой текстурой; в нижней - встречаются рыхлые и землистые разновидности. Помимо этого

отмечаются бокситы брекчиевые, конгломератовидные или пористые.

Бокситы характеризуются высоким содержанием глинозема (51-62%), низким содержанием кремнезема (1-2%), оксидов железа (2-6%) и титана (2-3%).

Подавляющая часть мировых запасов (88%) заключена в месторождениях латеритного типа. Основное их количество располагается в Африке, Индии, Южной Америке, Австралии. К латеритному типу относятся и некоторые месторождения России (Висловское - рис.14, Шебекинское). В России погребенные латеритные месторождения бокситов выявлены в пределах Белгородского района КМА.



1 - четвертичные суглинки; 2 - мергели; 3 - мел; 4 - пески; 5 - глины; 6 - глинистые пески, песчаные глины; 7 - известняки; 8, 9 - бокситы; 10 - аллиты; 11 - мартитовые и мартит-гидрогематитовые руды; 12 - магнетитовые кварциты; 13 - филлитовидные и хлорит-серицитовые сланцы.

Рисунок 14 - Геологический разрез Висловского месторождения по В.Н. Клеклю и В.И.Сиротину.

Осадочные платформенные месторождения залегают в континентальных отложениях преимущественно озерно-болотной фации, часто связаны с угленосными осадками. Они приурочены к краевым частям синеклиз, к эрозионно-тектоническим котловинам и долинам.

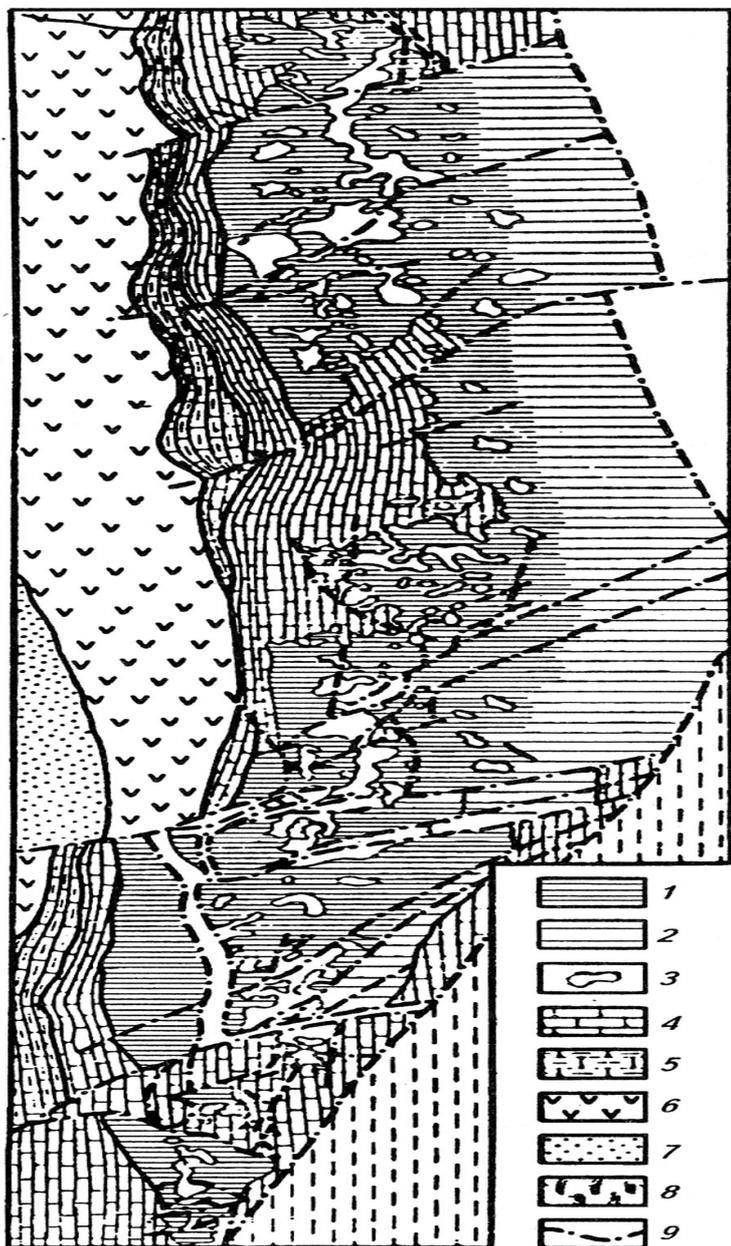
Форма рудных тел – пласты и линзы. По составу бокситы относятся к гиббсит-бемит-каолиновому типу. По текстурным признакам среди них различают: обломочные, оолито-бобовые и тонкодисперсные (пелитовые).

Примерами подобных месторождений являются бокситовые месторождения Восточно-Европейской платформы (Тихвинский, Северо-Онежский, Средне-Тиманский и Южно-Тиманский районы). За рубежом такие месторождения встречаются также на Китайской и Северо-Американской платформах.

Осадочные геосинклинальные месторождения образовались в мелководных условиях во время перерывов в накоплении морских осадков. Они встречаются главным образом в перегибах, тяготеющих к краевым частям крупных антиклинориев и срединных массивов. Часто бокситы залегают на закарстованной поверхности рифогенных известняков. Бокситовые пласты и вмещающие породы обычно смяты в складки и метаморфизованы.

Бокситы геосинклинальных областей характеризуются высоким и выдержанным качеством. Среди них преобладают диаспор-бемитовые, диаспоровые и бемитовые разновидности. Текстура слоистая и бобовая.

Месторождения этого типа развиты в Северо-Уральском (рис.15), Южно-Уральском, Салаирском и Боксонском бокситоносных районах России. Они



известны также в Венгрии, Греции, Франции, Югославии, Гаити, Доминиканской республике, Ямайке.

Рисунок 15 - Геолого-литологическая карта дорудного фундамента и бокситовых отложений Северо-Уральского бокситоносного района (по Г.Кирпалю): 1,2 - площади развития бокситоносных отложений раннеэйфельского возраста: 1 - установленные, 2 - предполагаемые; 3 - безрудные участки; 4 - известняки рифогенные; 5 - известняки, битуминозные сланцы, песчаники и конгломераты; 6 - порфириты базальтовые и андезитобазальтовые; 7 - конгломераты, песчаники и песчано-глинистые сланцы; 8 - порфириты, туфопесчаники, песчаники, туфы базальтовые; 9 - тектонические нарушения.

МАЛЫЕ МЕТАЛЛЫ ОЛОВО

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Геохимия и минералогия. Промышленные типы руд и кондиции

1. Оловоносные пегматиты, содержание в них Sn 0,1-0,2%, отмечаются примеси Ta, Nb.

2. Оловоносные грейзены и кварц-касситеритовые жилы, содержание Sn 0,1-0,5%, руды комплексные, часто присутствуют Mo, W, Be.

3. Сульфидно-касситеритовые руды, содержание Sn 0,1-1% и более, руды часто комплексные, содержат Cu, Pb, Zn.

4. Силикатно-касситеритовые руды (турмалинового и хлоритового типа), сопутствующие те же, что и в третьем типе.

Богатые руды коренных месторождений содержат более 1% олова, рядовые – 0,4%, бедные - 0,1-0,4%. Россыпи разрабатываются при содержании касситерита 100-200 г/м³, иногда оно может достигать кг/м³ породы.

Промышленные типы месторождений

Олово извлекают из оловянных и комплексных олово-вольфрамовых, олово-серебряных и олово-полиметаллических руд.

Эндогенные месторождения

Пегматитовые месторождения располагаются в зонах эндо- и экзоконтакта гранитных массивов. Большая их часть приурочена к структурам докембрия и нижнего палеозоя. Промышленные концентрации отмечаются преимущественно в пегматитах натрово-литиевого типа. Пегматиты образуют жильные, штокообразные, линзо- гнездообразные тела, группирующиеся в протяженные пояса. Оловоносными являются пегматиты, которые подверглись процессам альбитизации и грейзенизации. В рудах кроме касситерита присутствуют сподумен, петалит, амблигонит, реже встречаются вольфрамит и танталит. Нерудные минералы представлены кварцем, микроклином, альбитом, турмалином, топазом, флюоритом. Касситерит отличается неравномерным, гнездовым распределением, образует крупные кристаллы, характеризуется повышенной концентрацией Ta, Nb, Zr, Cs.

Пегматитовые месторождения невелики по запасам, содержания олова низкие и практическое значение их небольшое, но они служат источником образования россыпных месторождений.

Пегматитовые месторождения известны в Восточной Сибири, Забайкалье, на Балтийском щите и Рудном Алтае, наиболее развиты в Заире (Манонго-Китотоло), Намибии, Замбии.

Скарновые месторождения связаны с умеренно-кислыми гранитоидами. Оруденение приурочено к известковым и магнезиальным скарнам. Рудные тела имеют пластообразную, иногда трубообразную форму, обычно невыдержанные. Месторождения характеризуются комплексным составом руд (Sn-W, Sn-Cu, Sn-Pb-Zn). Минеральный состав касситерит, магнетит, разнообразные сульфиды, реже висмутин, блеклые руды. Оловянная минерализация является наложенной на скарны.

Руды вкрапленные, труднообогатимые, содержание Sn в среднем 0,3-0,5%

Скарновые месторождения известны в Приморье (Ярославское), Карелии (Питкяранта, Кителя), Средней Азии (Майхура), в Канаде, Австралии,

Великобритании и других странах. Промышленное значение их невелико.

Грейзеновые месторождения олова связаны с гранодиорит-гранитными формациями, представленными обычно крупными многофазными батолитами, наиболее характерными для герцинской и киммерийской эпох. Месторождения приурочены к апикальным частям отдельных штоков, куполов, апофиз поздних лейкократовых аляскитовых разностей. Рудные тела представлены штокверками, жилами, трубообразными телами. Форма обычно сложная. Глубина оруденения небольшая: 50-100 м. Руды массивные, вкрапленные, среднее содержание Sn 0,3-0,5%. Месторождения мелкие и средние по запасам, на их долю приходится 15,6% запасов, но 70% их сосредоточено в одном недавно открытом месторождении Питинга в Бразилии.

Грейзеновые месторождения обычно комплексные. Помимо Sn в рудах содержатся W, Mo, Li, Ta, Nb, TR, флюорит. Главные минералы руд - касситерит, вольфрамит, циннвальдит; второстепенные – магнетит, пирротин, молибденит, халькопирит, сфалерит, галенит и др. Большой части месторождений свойственна зональность, выраженная в уменьшении содержания Sn и увеличения сульфидной минерализации от центра к периферии штокверка.

Грейзеновые месторождения известны в Забайкалье (Этыка), Якутии (Бутугычаг), на Чукотке (Иультин). Крупные месторождения известны в Бразилии, Канаде, Франции, более мелкие в Германии и Чехии и других странах.

Гидротермальные (плутоногенные) месторождения олова – наиболее распространенная группа. В ней выделяется несколько рудных формаций.

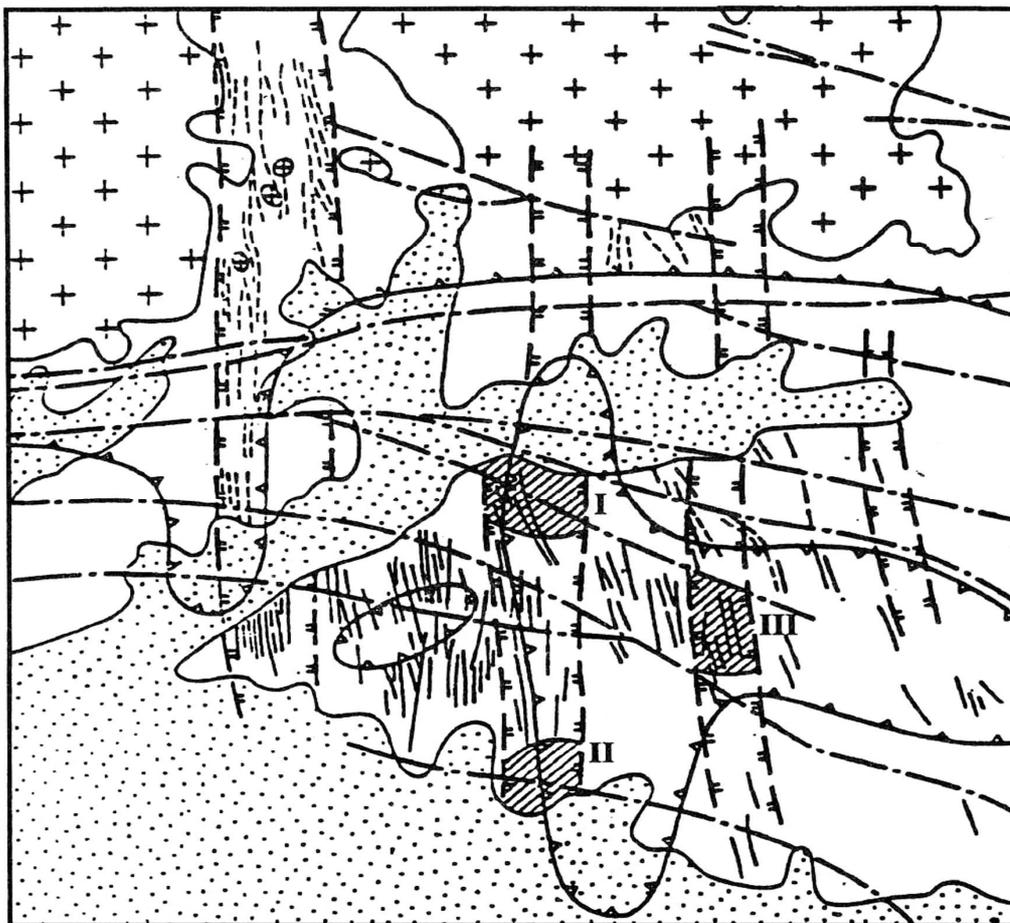
Месторождения кварц-касситеритовой формации генетически связаны с гранодиорит-гранитными, гранодиорит-лейкогранитными магматическими формациями, свойственными структурам тектоно-магматической активизации на щитах и платформах. Рудные тела размещаются большей частью в надкупольных зонах, иногда в эндоконтактных частях массивов гранитоидов. Морфология рудных тел разнообразна: это жилы, штокверки, иногда трубообразные тела. Средняя мощность рудных тел 1-3 м, простираются они на многие десятки и сотни метров. Глубина распространения промышленного оруденения достигает нескольких сотен метров. Месторождения кварц-касситеритовой формации (Иультин, Пыркакайское на Чукотке и другие) характеризуются простым составом: на 90-95% состоят из кварца, помимо касситерита присутствуют вольфрамит, флюорит. Содержание олова - 0,3-0,8%, часто отмечаются промышленные концентрации вольфрама. Рудные жилы сопровождаются грейзенизацией и турмалинизацией. В суммарных значениях зарубежных стран они составляют 3,9%.

Месторождения силикатно-касситеритовой формации связаны с интрузивными комплексами габбро-гранодиорит-гранитовых и диорит-монцогранодиорит-гранитных формаций, развивающихся на поздних стадиях эволюции складчатых областей. Форма рудных тел часто - минерализованные зоны дробления. Месторождения характеризуются резким преобладанием в составе руд турмалина и хлорита, в связи с этим выделяется два минеральных типа руд:

касситерит-турмалин-хлоритовый и касситерит-хлоритовый. В рудах содержится значительное количество сульфидов. Масштабы месторождений средние и крупные, качество руд высокое: содержание олова 0,6-1% и более. В переменных количествах присутствуют Zn, Cu, Pb. В России эти месторождения содержат более 50% запасов и обеспечивают свыше 60% общего объема добычи.

Среди месторождений силикатно-касситеритовой формации нередко встречается многосульфидный (сульфидно-касситеритовый) тип (Эгехая, Фестивальное месторождение и др.). Руды отличаются резко повышенным количеством сульфидов железа, меди и цинка. Минеральный состав руд очень сложный.

Плутоногенно-гидротермальные месторождения различных формаций распространены на востоке России – на Чукотке (Пыркакайское – рис. 16,



1 -рыхлые отложения; 2 - песчано-сланцевые отложения верхнего триаса; 3 - дайки кислого состава; 4 - дайки среднего состава (псевдолампрофиры); 5 - граниты; 6 - разрывные нарушения; 7 - контуры зон повышенной трещиноватости; 8 - контуры не вскрытых эрозией гранитоидных массивов; 9 - штокверковые оловорудные поля: 1- Первоначальное, II - Нагорное, III - Незаметное.

Рисунок 16 - Схематическая геологическая карта Пыркакайского оловорудного узла (по Б.В.Макееву, А.Б.Павловскому и др., 1988).

Валькумей), в Забайкалье (Хапчеранга, Шерлова Гора), Якутии (Депутатское, Эгехая), Приамурье (Солнечное, Фестивальное), Приморье (Хрустальное, Дубровское). За рубежом наиболее значительные месторождения этого типа находятся в Великобритании, Австралии, Канаде.

Гидротермальные (вулканогенные) месторождения олово-серебряной формации. Руды этих месторождений отличаются не только большим содержанием сульфидов, но широким развитием сульфидных и сульфосольных минералов олова. Месторождения связаны с вулcano-плутоническими и вулканогенными формациями: с кислыми и умеренно кислыми комплексами - риолитами, риолит-дацитами и дацитами. Месторождения относятся преимущественно к альпийской и отчасти киммерийской эпохам.

Рудные тела представлены жилами, часто ветвящимися, оруденелыми зонами дробления, штокверками. Руды сложные комплексные: наряду с Sn из них извлекаются Ag, Pb, Zn, Cu, Bi. Содержание окисного олова 0,3-0,4%, сульфидного – 0,1-0,2%. Главные минералы руд – касситерит (иногда деревянистое олово), станнин, висмутин, арсенопирит, пирротин. Второстепенные минералы – вольфрамит, халькопирит, галенит, сфалерит, пираргирит, аргентит, буланжерит, джемсонит, самородное серебро, а также каолинит, диккит, опал, халцедон, флюорит.

Рудообразование происходило в условиях небольших глубин (от 100-200 до 700-800м от поверхности) при быстром падении температуры. Месторождениям свойственна зональность: на нижних горизонтах развито касситерит-висмутовое, касситерит-вольфрамитовое оруденение с серебром, сменяемое в верхних частях жилами со станнином, сульфосолями олова, галенитом, баритом, минералами серебра.

Крупные месторождения боливийского типа размещаются в неогеновых вулканических поясах. Они заключают 12,8% общих запасов и 4,8% добычи. Их отличительные особенности: приуроченность к жерловым зонам, выполненным штоками кварцевых порфиров; интенсивное развитие гидротермальных изменений, внутренние зоны которых представлены кварц-турмалиновыми метасоматитами, а во внешних зонах породы серицитизированы и на большом удалении хлоритизированы.

В России известны лишь мелкие и средние месторождения этого типа в Малом Хингане (Джалинда, Хинганское), за рубежом – в Боливии (Льяльягуа, Потоси и др.), Мексике, Японии, Австралии, Китае.

Экзогенные месторождения

Россыпные месторождения. Россыпным месторождениям принадлежит ведущая роль в запасах (58,6%) и производстве касситеритовых концентратов (78%) в зарубежных странах. На территории России россыпных месторождений мало, и они отличаются небольшими запасами и низкими содержаниями.

Наиболее крупные россыпные месторождения известны в Бразилии (Питинга), Китае (Гэцзю), Индонезии (месторождения о. Банка), Малайзии, Таиланде. Среднее содержание касситерита в них 0,6 кг/м³.

Россыпные месторождения образуются за счет разрушения коренных месторождений пегматитовых, скарновых, грейзеновых, некоторых сульфидно-касситеритовых и других. Наиболее благоприятны для россыпеобразования штокверковые месторождения, в рудах которых касситерит отличается большой крупностью.

Выделяются элювиальные, делювиальные, аллювиальные и прибрежно-морские

типы россыпей.

Элювиальные россыпи развиты в странах с жарким и влажным климатом. Помимо касситерита они могут содержать колумбит, танталит, сподумен, вольфрамит, шеелит, золото, турмалин. Элювиальные россыпи могут служить источником формирования других россыпей, представляя промежуточный коллектор касситерита. В России наиболее крупные элювиальные россыпи обнаружены в Пыркакайском рудном узле на Чукотке.

Делювиальные россыпи являются промежуточным элементом между элювиальными и аллювиальными россыпями. Они характеризуются лучшей сортированностью материала и крайне неравномерным распределением касситерита.

Аллювиальные россыпи пользуются наиболее широким распространением, они образуются в различных климатических зонах. Россыпи характеризуются хорошей сортированностью материала, окатанностью зерен касситерита, равномерным распределением его и приуроченностью к приплотиковой части россыпи. Наибольшее промышленное значение имеют долинные россыпи, в особенности древние. Мощность продуктивных пластов изменяется от долей метра до первых десятков метра. Среднее содержание касситерита – 0,6-0,8 кг/м³. Наряду с касситеритом в ряде случаев извлекаются ильменит, вольфрамит, монацит и другие минералы.

Наиболее крупные аллювиальные россыпи находятся в Малайзии, крупные россыпи с высоким содержанием касситерита имеются в Индонезии, Таиланде.

В России промышленные аллювиальные россыпи известны в Пыркакайском рудном узле и районе Депутатского месторождения. На базе аллювиальных россыпей в России производится треть оловоносных концентратов. Самая крупная россыпь руч. Тирехтях содержит 39% разведанных запасов с содержанием касситерита 927 г/м³.

Прибрежно-морские россыпи касситерита пользуются широким распространением и имеют важное промышленное значение. Длительного переноса касситерит не выдерживает, поэтому оловосодержащие россыпи в береговой зоне сохраняются лишь при их быстром захоронении. Крупнейшей оловоносной провинцией является Бирмано-Малайско-Индонезийский оловянный пояс, в пределах которого сосредоточены россыпи аллювиально-морского и прибрежно-морского генезиса, заключенные в морских террасах на суше и на дне современных акваторий, а также в затопленных речных долинах на удалении до 5-15 км от берега при глубинах до 40-60 м. Мощность продуктивных горизонтов колеблется от 1-2 до 20-30 м при мощности вскрыши до 30 м. Содержание касситерита – от сотен граммов до первых килограммов на 1м³. Совместно с касситеритом добываются монацит, вольфрамит, циркон, ильменит, золото, рутил, колумбит, танталит.

СУРЬМА

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Геохимия и минералогия. Промышленные типы руд и кондиции

1. Монометалльные сурьмяные руды (содержание колеблется от 2 до 12%, бортовое – от 0,7 до 1,5%).

2. Комплексные сурьмяно-ртутные руды, полезными компонентами которых являются Sn, W, Cu, Pb, Zn, а также Au, Ag, платиноиды.

Промышленные типы месторождений

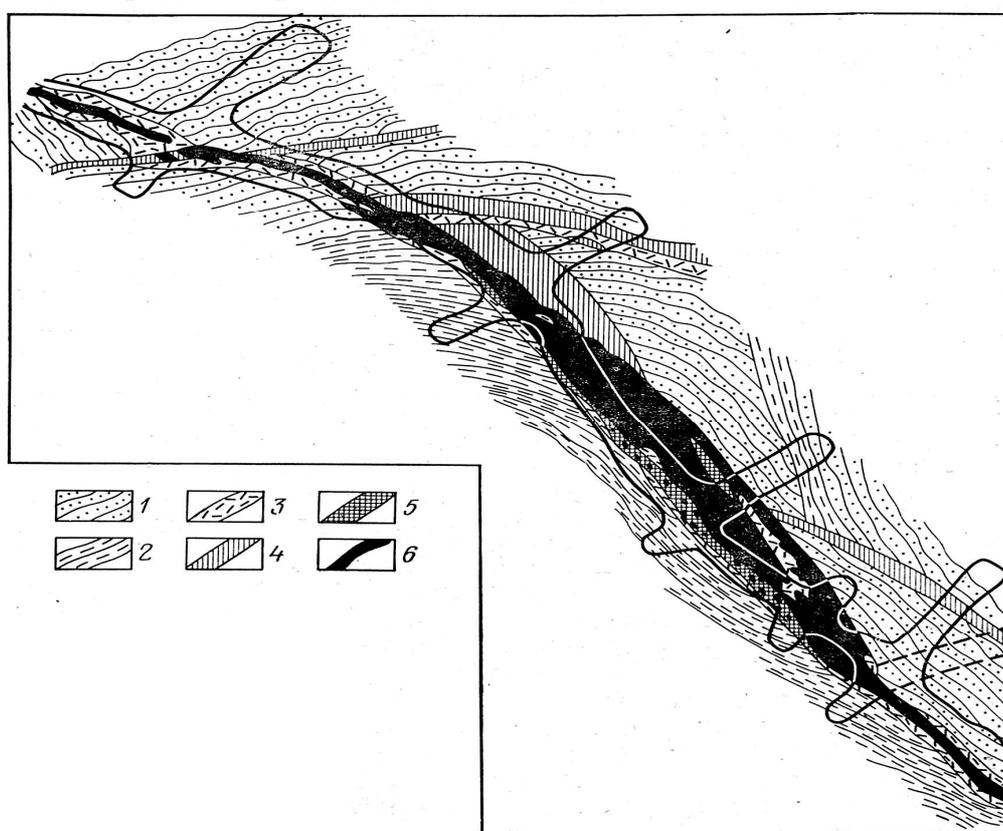
Эндогенные месторождения

Гидротермальные (плутоногенные) месторождения, формация кварц-

золото-антимонитовая. Рудовмещающие породы – черносланцевые и сероцветные глинисто-песчаниковые. Месторождения связаны с формацией диорит-гранодиоритовой. Рудные тела жильной формы локализуются в зонах сбросо-сдвигов. Наряду с простыми жилами встречаются согласные четковидные и седловидные тела, зоны прожилково-вкрапленной минерализации.

В составе руд главная роль принадлежит антимониту, бертьериту, высокопробному золоту. Жилы часто сопровождаются ореолами прожилково-вкрапленной сульфидизации (пирит, арсенопирит) с повышенной золотоносностью. Руды отличаются высоким качеством: среднее содержание сурьмы в рудах составляет от первых единиц до первых десятков процентов, золота - до десятков граммов на тонну породы.

Наиболее значительные месторождения этого типа находятся в Боливии, ЮАР, Франции. В России они известны в Якутии (Сарылах – рис. 17, Сентачан) на Енисейском кряже (Удережское).

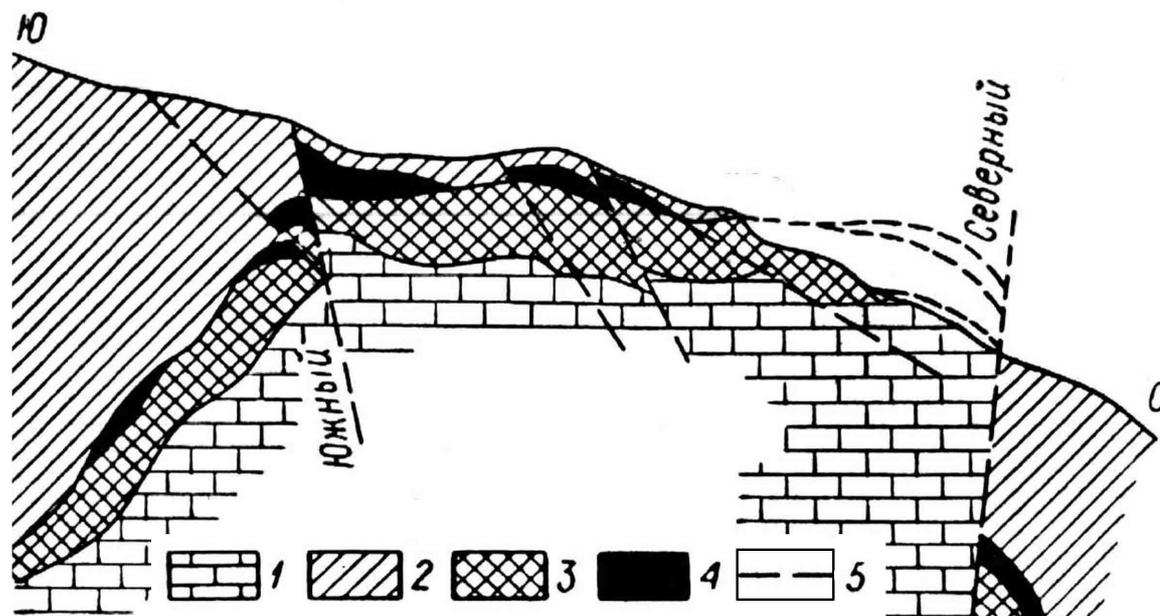


1 - песчаники; 2 - алевролиты; 3 - катаклазированные породы; 4 - зоны дробления и рассланцевания; 5 - кварцевая жила с гнездово-вкрапленными сурьмяными рудами; 6 - массивные сурьмяные руды.

Рисунок 17 - Строение рудного тела месторождения Сарылах, по П. Полянскому.

Гидротермальные (вулканогенные) месторождения, формация кварц-антимонитовая. Месторождения располагаются в перивулканических и субвулканических зонах областей орогенеза и тектоно-магматической активизации. Преобладают жилы, наблюдаются минерализованные зоны дробления и брекчирования. Содержание Sb 1-10%, сопутствующие компоненты – Ag, W, Au. Экономическое значение месторождений этого типа в

России малозначительно. Примером их может служить месторождение Салокачи на Дальнем Востоке.



1 - известняки; 2 - сланцы; 3 - бедная руда; 4 - промышленная руда; 5 - сбросы.

Рисунок 18 - Поперечный разрез рудного тела месторождения Кадамджай, по А. К. Полякову.

Стратиформные (телетермальные) месторождения, формация кварц-флюорит-антимонитовая. Для них типичны пластообразные рудные залежи, располагающиеся в терригенно-карбонатных комплексах на определенных стратиграфических уровнях. Прожилково-вкрапленное, иногда гнездовое оруденение локализовано в пластообразных залежах джаспероидов под сланцевыми экранами. Рудные залежи прослеживаются по простиранию на многие сотни метров, иногда первые километры при мощности от нескольких до 40-50 метров.

Главные промышленные минералы руд – антимонит и кварц, второстепенные – киноварь, марказит, пирит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит, аурипигмент и реальгар. Гидротермальное изменение вмещающих пород выражается в окварцевании, карбонатизации и пиритизации. Руды сурьмяные и сурьмяно-ртутные. Содержание Sb 1-12%, в среднем – 1,5-3%.

Месторождения наиболее широко распространены в Среднеазиатской провинции (Кадамджай – рис. 18, Хайдаркан, Джиджикрут и др.). В Южном Китае находится уникальное сурьмяное месторождение Сигуаньшань.

РТУТЬ

Общие сведения и области применения. Обзор ресурсов. Геохимия и минералогия. Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Гидротермальные (вулканогенные) месторождения включают в себя карбонатно-полиаргиллитовый, листовенитовый и опалито-алунитовый

промышленные типы.

Месторождения карбонатно-полиаргиллитового типа связаны с зонами наземного вулканизма преимущественно андезит-дацитового состава, обнаруживают связь с вулcano-тектоническими структурами. Месторождения размещаются в карбонатных и алюмосиликатных породах, часто в алунитизированных кислых эффузивах и их туфах, зонах аргиллитизации.

Содержание Hg в рудах – десятые доли процента, редко – первые проценты. В рудах этого типа сосредоточено 14-15% запасов Hg.

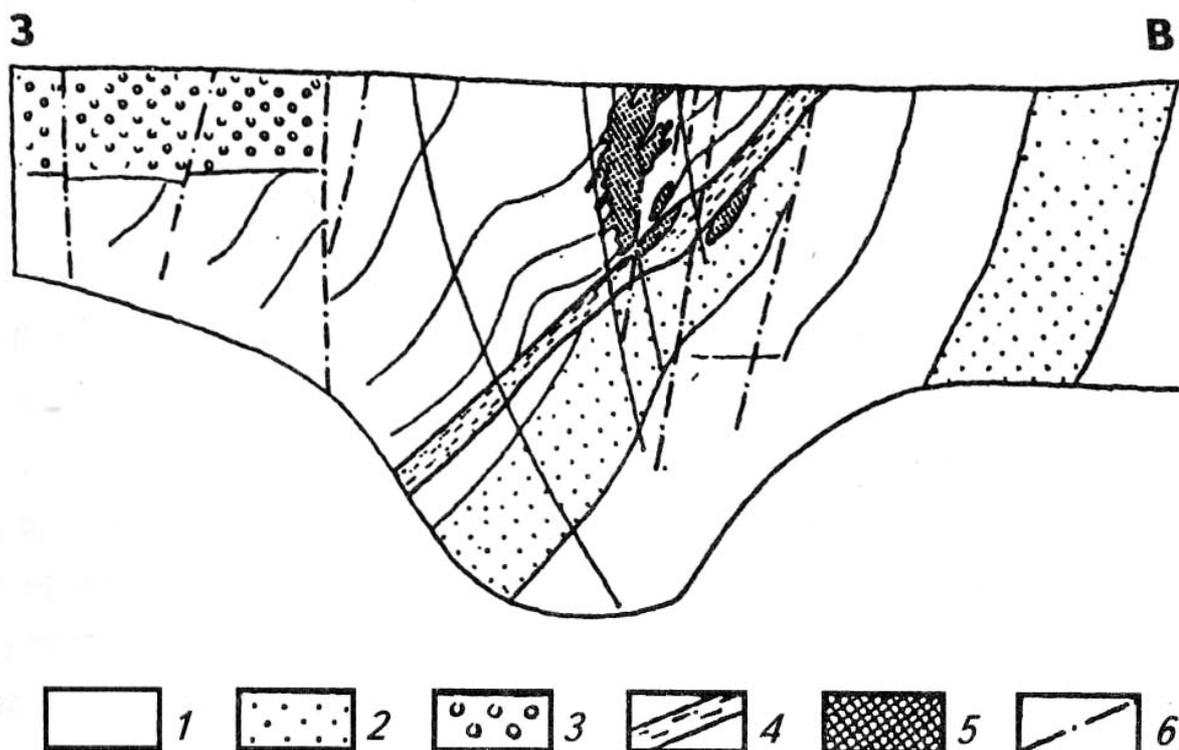
Наиболее известные месторождения: Монте-Амиата в Италии, месторождения Алжира, Западно-Полянское на Чукотке – рис. 19, Акташ на Горном Алтае и другие.

Месторождения лиственитового типа. Рудные тела линзовидной или столбообразной формы локализуются вдоль контактов серпентинитов, основных вулканогенных пород с вмещающими терригенными породами. Листвениты помимо основной массы кварца и карбонатов содержат тальк, серпентин, хлорит, каолинит. В прилегающих терригенных породах лиственитизации сопутствует аргиллизация.

Киноварь в большинстве случаев единственный рудный минерал. Значительно реже в некоторых месторождениях (Тамватнейское) в заметных количествах присутствуют минералы As и W, для некоторых зон характерно также Au. Доля месторождений лиственитового типа в суммарных запасах составляет 13-14%. Наиболее крупные месторождения находятся в США – Нью-Альмаден, Нью-Идрия. В России крупнейшими являются Тамватней (Чукотка), Чаган-Узун (Горный Алтай).

Стратиформные месторождения представлены кварц-диккитовым и карбонатным промышленными типами.

Месторождения кварц-диккитового типа представлены в основном монометальными киноварными рудами. Рудовмещающими являются мощные терригенные комплексы – песчаники с повышенной угленосностью. Рудные тела образуют согласные или пластообразные залежи прожилково-вкрапленных руд в пластах песчаников, претерпевших окварцевание и аргиллизацию. Характерно многоярусное оруденение. Иногда наблюдаются жилообразные, штокверкообразные тела, приуроченные к зонам разломов. Содержание ртути от сотых долей до 30% и более. Проблема генезиса не имеет однозначного решения. Ряд исследователей относит их к телетермальным, другие считают гидротермально-осадочными. В последние годы утверждается представление о сингенетичном накоплении ртути в процессе седиментации терригенных толщ и последующей перегруппировке при метаморфизме. Это наиболее важный тип месторождений Hg, на его долю приходится 42-44% мировых запасов. К этому типу относятся месторождения Альмаден в Испании, Никитовка на Украине, месторождения Китая.



1 - глинистые сланцы, алевролиты, песчаники триаса; 2 - песчаники триаса; 3 - конгломераты нижнего мела; 4 - зона Восточного сброса; 5 - рудные залежи; 6 - тектонические нарушения.

Рисунок 19 - Схема строения Западно-Полянского месторождения (по П.Бабкину, В.Кузьмину и др.).

Месторождения карбонатного типа в России в настоящее время промышленного значения не имеют. Они широко развиты в Юго-Восточном Китае, известны в Югославии (Идрица). Месторождения монометалльные ртутные связаны с карбонатными и глинисто-карбонатными формациями. Рудные тела представлены согласными пластообразными залежами. Содержание Hg от десятых долей до 1%. Руды прожилково-вкрапленные, иногда слоисто-полосчатые, встречаются участки сплошных руд, нередко содержат самородную ртуть.

Тема 3 (4 часа). Геолого-промышленные типы месторождений руд благородных металлов.

ЗОЛОТО

Общие сведения и области применения. Геохимия. Минералогия.

Требования промышленности к качеству руд. Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения
Собственно золоторудные месторождения

Скарновые месторождения отличаются небольшими масштабами. Они залегают в терригенных и вулканогенно-терригенных толщах среди карбонатных горизонтов, прорванных малыми интрузиями умеренно кислого

состава. Скарны имеют гранат-пироксеновый состав. На территории России они известны в Сибири (Ольховское), на Алтае. Наиболее крупные месторождения находятся в Канаде и Китае.

Гидротермальные (плутоногенные) месторождения широко распространены. Они встречаются практически во всех золотоносных провинциях России и СНГ. Наиболее крупные месторождения находятся на Северо-Востоке, в Якутии, Забайкалье, Восточных Саянах, на Урале. Известными зарубежными месторождениями являются Колар (Индия), Крипл-Крик (США), Бендиго (Австралия). К весьма крупным относится также месторождение Мурунтау в Узбекистане.

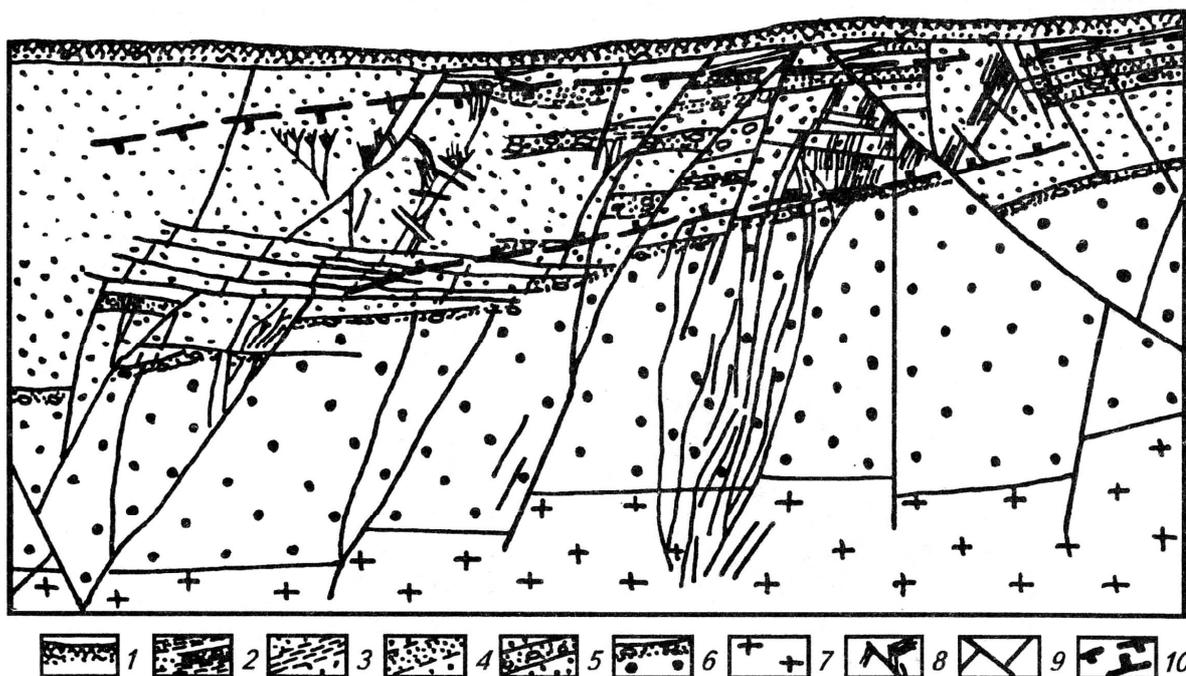
Месторождения генетически связаны с малыми интрузиями кислосреднего состава. Они формируются на завершающих стадиях развития складчатых поясов или на этапах тектоно-магматической активизации древних тектонических зон земной коры.

По составу руд выделяются следующие рудные формации: золото-кварцевая, золото-сульфидная и золото-кварц-сульфидная.

Рудное тело золото-кварцевой формации представляет собой штокверк, в составе которого залежи круто- и пологопадающие, кварцево-жильные и прожилковые зоны. Зоны характеризуются высоким содержанием золота. Золото мелкое, иногда тонкодисперсное. Рудная минерализация представлена пиритом и арсенопиритом, встречаются сфалерит, галенит, висмутин. Нерудные минералы – кварц с небольшим количеством калиевого полевого шпата, альбита, турмалина, биотита. К этой формации относятся месторождение Мурунтау (Узбекистан), Качкарское на Урале.

Месторождения золото-кварц-сульфидной формации генетически связаны с умеренно кислыми породами, часто приурочены к дайкам. Форма рудных тел – жильная, иногда система лестничных жил (Березовское месторождение). Самородное золото (пробность – 800-900) ассоциирует с пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, блеклыми рудами. Среднее содержание Au – 10-20 г/т. Околорудные изменения – березитизация, лиственитизация, хлоритизация, окварцевание, серицитизация. Месторождения – Дарасун, Березовское, Колар (Индия).

Вулканогенно-гидротермальные месторождения связаны с вулканитами дацит-андезит-риолитового ряда. Это близповерхностные золото-серебряные, золото-теллуридные и золотые руды, приуроченные к вулканическим постройкам (кальдеры, вулканокупольные структуры). Обычно это низкотемпературные месторождения со сложным составом руд и значительными концентрациями серебра. Основные рудные формации месторождений этого типа: золото-кварц-халцедон-сульфидная, золото-серебро-кварц-адуляровая, золото-сульфидная и другие.



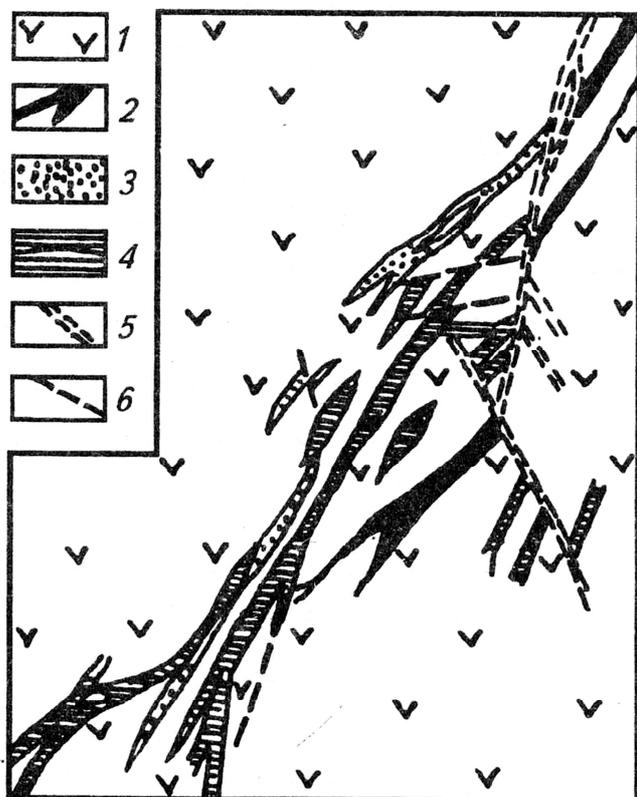
1 - четвертичные отложения; 2-5 - песчаники, алевролиты, конгломераты, вулканомиктовые конгломераты и гравелиты верхнебайкальской свиты с прослоями: 3 - алевролитов, 4 - песчаников, 5 - конгломератов; 6 - конгломераты с прослоями песчаников нижнебайкальской свиты; 7 - гранитоиды ундинского комплекса; 8 - кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны; 9 - разрывные нарушения; 10 - зона повышенной рудоносности.

Рисунок 20 - Схематический геологический разрез кварцево-жильных зон Тасеевского месторождения (по С.С.Максимову, Ж.В.Семинскому, В.Л.Филонюку, А.Л.Черных, 1987).

Месторождения золото-кварц-халцедон-сульфидной формации залегают среди вулканических толщ, приурочены или к кальдерам или к пучку радиальных разломов. Рудные тела имеют сложную форму, они характеризуются резкими изгибами, разветвлениями, участками переходят в прожилки и штокверки, сопровождаются множеством апофиз. В минеральном составе преобладают пирит, сфалерит, галенит, содержание сульфидов 15-20%. Золото находится в кварце вместе с петцитом и калаверитом, содержание высокое (до 50 г/т), распределение неравномерное. Отношение Au/Ag составляет 1:10, 1:12,5. Золото тонкодисперсное, отличается высокой серебристостью и примесью Sb, Hg, Se и Te. Пробность 650-750. Гидротермальные изменения выражаются в процессах окварцевания, адуляризации, каолинизации и карбонатизации.

В рудных телах развиты серебросодержащие блеклые руды, сульфосоли серебра, прустит, аргентит. Месторождения США – Сильвертон-Теллурид, Тасеевское (рис. 20) и Балеysкое (рис. 21) месторождения в Восточном Забайкалье).

Золото-серебро-кварц-адуляровые формации также приурочены к вулканотектоническим структурам, залегают в андезито-дацитах, риолитах и их туфах. Разрывная тектоника представлена полукольцевыми и радиальными разломами. Рудные тела представляют собой жилы мощностью до 1-3 м, которые образуют пучки. Вмещающие вулканиты метасоматически изменены.



Наблюдается интенсивная пропилитизация, адуляризация, алунитизация. Рудные жилы имеют кварцевый, кварц-адуляровый и карбонатно-кварцевый состав. Рудные минералы (1-2% жильной массы) – пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, теннантит, сульфосоли серебра, пираргирит, прустит, электрум, золото (проба 500-600), серебро. Примером этой формации является Карамкенское месторождение – рис. 21.

1 - гидротермально измененные андезиты; 2-4 - жилы: 2 - адуляровой (продуктивной) стадии, 3 - второй кварц-карбонатной, 4 - третьей кварц-карбонатной; 5, 6 - сбросы: 5- интарудные, 6 - пострудные.

Рисунок 21 - Жилы месторождения

Карамкен (по М.Бородаевской и И.Рожкову).

Золотосодержащие месторождения

Известны золотосодержащие колчеданные и полиметаллические месторождения (Широкинское рудное поле, Вост. Забайкалье; Баймакский рудный район, Южный Урал). Они ассоциируют с базальтоидными вулканоплутоническими комплексами. На Алдане встречаются месторождения золота, связанные со щелочными и субщелочными интрузиями.

Метаморфогенные месторождения

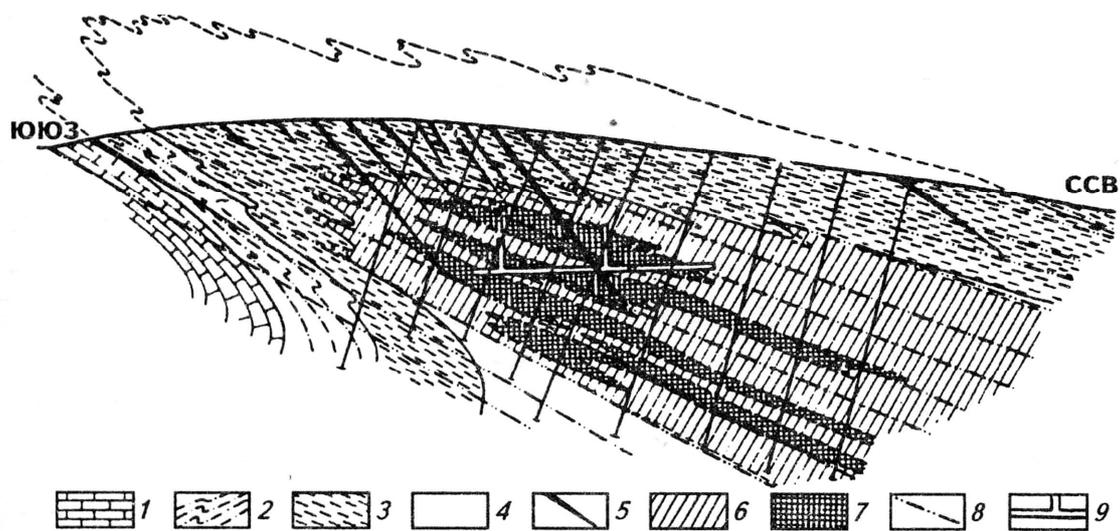
Месторождения, связанные с процессами метаморфизма, разделяются на два типа: флюидно-метаморфогенный и осадочно-метаморфизованный.

Флюидно-метаморфогенные месторождения являются одними из важных промышленных типов, так как, как правило, содержат значительные запасы золота и имеют широкое распространение. К ним относятся месторождения США (Хомстейк), Бразилии, Австралии, в России – Сухой Лог, Советское, Зун-Холбинское (Вост. Сибирь).

Основные особенности таких месторождений – приуроченность к зонам метаморфизма в зеленокаменных поясах или древних прогибах; залегание среди метаморфических песчано-сланцевых зеленокаменных или черносланцевых толщ в виде согласных или согласно секущих тел,

контролируемых зонами рассланцевания и элементами складчатых структур (замковые части складок, мульды, флексуры и т.д.), приуроченность к толщам, обогащенным органическим веществом.

Генезис этих месторождений является сложным и дискуссионным. С одной стороны, они приурочены к метаморфическим толщам и тесно с ними связаны. С другой стороны, всеми исследователями отмечается наложенный характер золоторудной минерализации, контроль оруденения разломами, проявление окolorудных изменений, что характерно для гидротермальных месторождений. Эти данные заставляют сделать вывод о длительном процессе рудообразования, который включает и накопление золота в стадию формирования вмещающих пород и при их метаморфизме, и концентрацию золота в виде рудных тел в связи с деятельностью глубинных флюидных систем. Наиболее правильно считать такие месторождения флюидно-метаморфогенными. Наибольшим распространением пользуются формации: золото-малосульфидные в черносланцевых толщах (Сухой Лог – рис. 22, месторождения Аллах-Юньского района в Якутии) и золото-кварц-сульфидные в зеленосланцевых толщах (Зун-Холбинское месторождение в Бурятии).



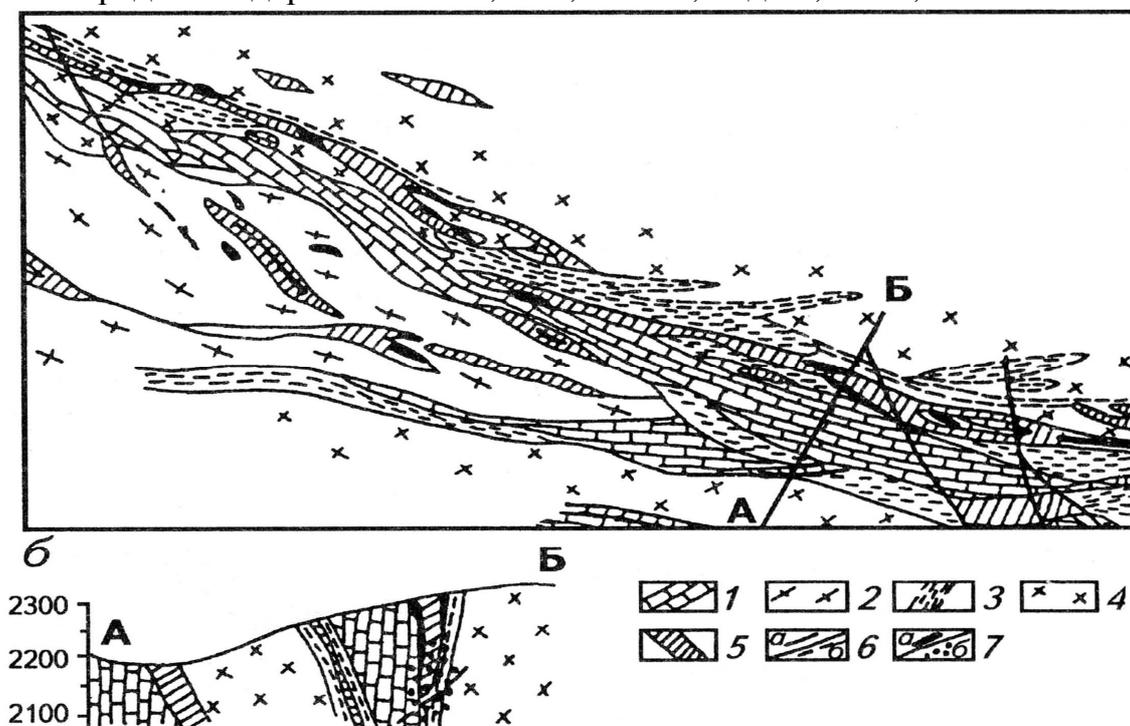
1 - известковистые алевролиты и алевросланцы; 2 - алевросланцы и алевролиты, преимущественно грубозернистые; 3 - "углистые" филлитовидные алевролиты; 4- углистые кварцево-серицитовые алевросланцы; 5-кварцевые жилы; 6,7 - ореол развития золото-сульфидной минерализации: 6- умеренной, 7 - повышенной; 8 - кливаж; 9 - подземные горные выработки.

Рисунок 22 - Поперечный разрез зоны прожилково-вкрапленной золото-сульфидной минерализации, сопровождающейся золотоносными кварцевыми жилами месторождения Сухой Лог (по В.А.Буряку).

Месторождение Сухой Лог находится в Байкало-Патомском нагорье, сложено породами среднерифейского возраста, в разрезе которых существенную роль играют углеродистые терригенные и карбонатно-терригенные породы. Рудная зона с платиноидно-золото-кварцевой минерализацией приурочена к интенсивно березитизированным углеродсодержащим породам мощностью 50-250 м. В рудах установлено Au

мелкое, высокой пробы – 890-950. Помимо золота присутствуют самородная платина, твердые растворы системы Pt-Fe-Cu и теллуриды Pd и Ag, а также вольфрамит, шеелит, монацит, теллуриды Au и Ag, Bi и Ag, пирит (преобладает) и целый ряд сульфидов. Металлы платиновой группы представлены не только собственными платиновыми минералами, но и локализируются в серицит-графитовой массе, в битуминоидах, в теллуридах.

Среднее содержание Au 2,5 г/т, Pt от 0,91 до 1,17 г/т, Os – 1 г/т.



1 - известняки; 2 - гранитогнейсы, гнейсы; 3 - углистые сланцы, филлиты, милониты; 4 - плагиограниты, граниты, гранодиориты; 5 - зоны катаклаза и трещиноватости; 6 - достоверные (а) и предполагаемые (б) разломы; 7 - золотоносные кварц-сульфидные жилы (а) и вкрапленная рудная минерализация (б).

Рисунок 23 - Схематическая геологическая карта (а) и разрез (б) Зун-Холбинского месторождения (по П.Рощектоеву, Г.Шуляку и др.).

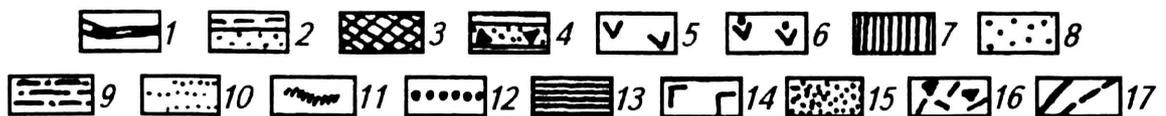
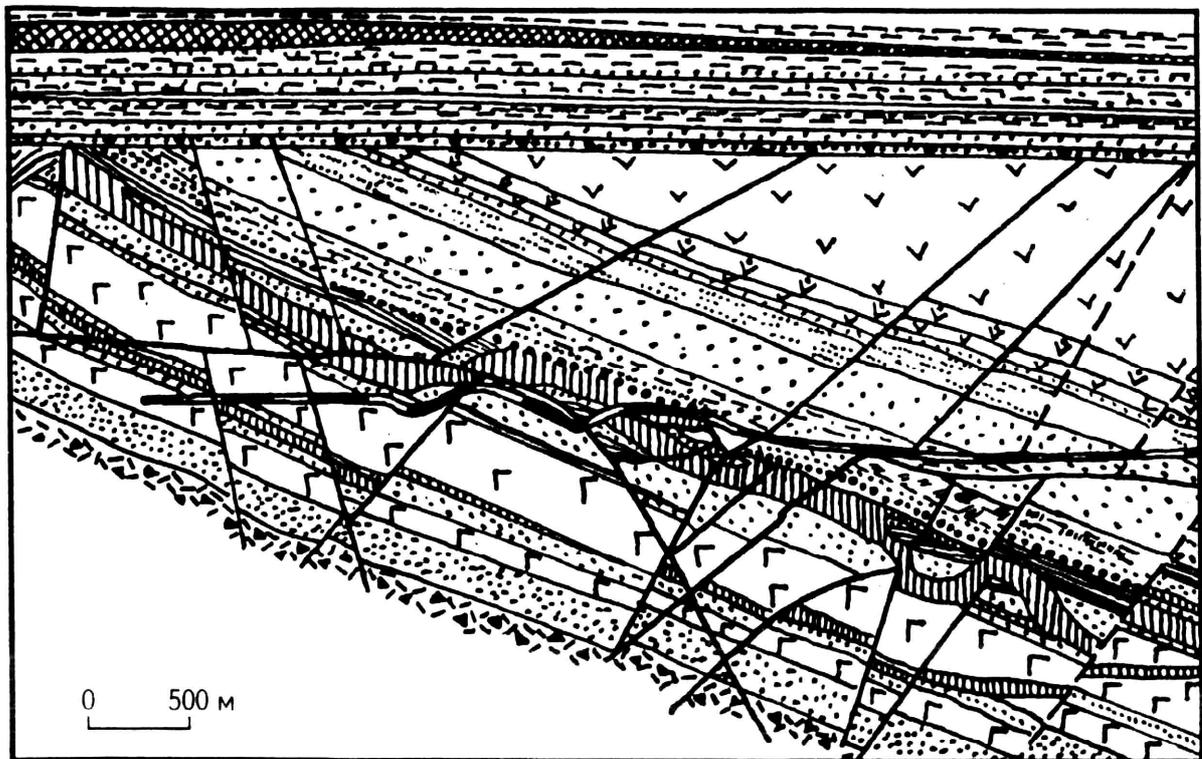
Золотое оруденение в месторождениях золото-кварц-сульфидной формации в зеленокаменных породах (Зун-Холбинское – рис. 23) локализуется в вулканогенно-терригенных и карбонатных породах верхнего протерозоя: хлорит-серицитовых, углисто-серицит-хлоритовых сланцах и известняках. Рудные тела – полосчатые жилообразные залежи, согласные с крутопадающей толщей сланцев и карбонатных пород. Они расположены кулисообразно, прослеживаются на 100-700 метров при мощности до 3 метров. Ведущими типами руд являются кварц-золото-платиноидно-сульфидный и золото-кварцевый в лиственитизированных и березитизированных окварцованных углеродисто-кремнистых сланцах, вулканитах и мраморах. В минеральном составе преобладают галенит, пирит, сфалерит, встречаются блеклые руды, халькопирит, золото, серебро, платина самородная, сперрилит (0,01-29,4 г/т). Золото встречается в виде мелкой вкрапленности в кварце, реже в сульфидах. Содержание его колеблется от 2 до 140 г/т. Максимальное содержание Pt (0,01-

29,4 г/т) и Pd (до 4 г/т) выявлены в кварц-сульфидно-теллуридных рудах. В кварц-золото-сульфидных рудах до 2,21 г/т Pt и 0,68 г/т Pd.

Осадочно-метаморфизованные месторождения. Месторождения этого промышленного типа являются главным источником золота и платиноидов во многих странах (ЮАР, Канада, Бразилия). Их уникальность определяется значительными размерами, комплексным составом руд, кроме золота и урана в них содержатся серебро и платиноиды (Ir, Ru, Os).

Месторождения приурочены к толщам метаморфизованных конгломератов протерозойского возраста. Это древние россыпи, преобразованные при последующих деформациях и метаморфизме зеленосланцевой фации с перегруппировкой первичных минералов. Форма рудных тел – пластовая и лентообразная. В плане структура рудных полей веерообразная.

Месторождение Витватерсранд – рис. 24. Нижний структурный этаж сложен гранитогнейсами архея. Верхний структурный этаж представлен протерозойскими отложениями. Золотоносная толща Витватерсранд состоит из ритмичных серий конгломератов, песчаников, сланцев. Пачки рудоносных



1-4 - палеозой: 1 - дайки долеритов, 2 - угленосные отложения, 3 - долериты, 4 - породы основания; 5-16 - протерозой: Вентердорпская система: 5 - амигдалоидные лавы, 6 - порфириты и их туфы, 7 - диабазы (силлы), 8-16 - Витватерсрандская система - формация Кимберли-Эльсбург: 8 - сланцы, 9 - кварциты, 10 - зона прерывистых рифов, 11 - зона кварцитов, 12 - риф Кимберли, 13 - сланцы Кимберли, формация Мейн-Берд, 14 - амигдалоидные лавы, 15 - кварциты, 16 - голубые гравелиты; 17 - разрывные нарушения.

Рисунок 24 - Рудоносные конгломераты рудника Лесли-Голд, Витватерсранд (по К.Твидлу).

конгломератов образуют «риффы», содержащие золото и уран. Риффы представляют собой группы сближенных горизонтов конгломератов мощностью от первых метров до первых десятков метров. Мощность рифов от 30 до 400 м, протяженность по простиранию до 70 км. Протяженность всей полосы около 200 км. Рудные тела вскрыты горными выработками до глубины 3600 м и скважинами на глубине 4600 м.

Конгломераты сложены на 80% окатанной галькой кварца или кварцита. Цемент имеет кварц-биотит-хлорит-эпидотовый состав, содержит углистое вещество и рудную минерализацию. В цементе содержится до 5-10% сульфидов. Установлено более 70 минералов, в том числе пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, молибденит и другие минералы. Уран представлен уранинитом, тухолитом, браннеритом, настураном. Содержание U_3O_8 около 0,03%, иногда выше. Золото содержится в сульфидах и в виде мелких обломков в цементе. Содержание золота 8-20 г/т, пробность 920-935. Встречаются самородное серебро, прустит, платиноиды с Os, Ir, Rh.

Происхождение месторождения полигенное – осадочно-метаморфогенно-гидротермальное. Большая часть исследователей считает, что конгломераты отлагались в конусах выноса рек. Переотложение урана и золота происходило многократно.

Из руд этого самого крупного месторождения было извлечено 34600 т золота, 1500 т серебра, 1500 т платиноидов, 100 тысяч тонн урана. С 1979 по 1995 годы добыча золота составила 10725 т.

Э к з о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Месторождения выветривания. Концентрации золота в промышленных масштабах образуются часто на залежах сульфидных золотосодержащих руд. Содержание его в несколько раз выше, чем в первичных рудах. Гипергенное золото встречается в виде кристаллов, пленок.

Россыпные месторождения распространены во всех золоторудных районах мира. На территории России известными районами развития золотоносных россыпей являются Восточная Сибирь (Енисейский край, Ленский и Алданский районы), Северо-Восток, Забайкалье, Приамурье.

Золото концентрируется в элювиальных, делювиальных, аллювиальных и прибрежно-морских россыпях, наибольшее значение имеют аллювиальные россыпи.

Источником золота в аллювиальных россыпях являются коренные месторождения, разрушенные в процессе выветривания. Золото отлагается в речных долинах в виде лентообразных, шнурковых, линзо- и гнездообразных тел. Отложение золота из водных потоков происходит под влиянием россыпеобразующих барьеров: изменения уклона реки, положительные формы рельефа, участки расширения или сужения долины, эрозионные канавы и ложбины и другие. Наиболее крупные зерна золота (более 0,5 мм) встречаются вблизи коренных источников.

В России широко известны россыпи Сибири (Бодайбо), Якутии (Туора-Тас), Приамурья, Северо-Востока (Билибинский район).

МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ

Общие сведения и области применения

Обзор ресурсов

Кондиции

Геохимия и минералогия

Промышленные типы месторождений

Э н д о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Месторождения разделяются на собственно платиноносные и платиносодержащие. Классификация платиноидных месторождений приводится по Д.А.Додину и Н.М.Чернышову [2, 3]. Ими выделяются среди эндогенных следующие формации:

сульфидная платиноидная медно-никелевая;

малосульфидная платинометальная;

платиносодержащая хромитовая, титаномагнетитовая, черносланцевая, полиметальная, золоторудная.

Среди платиноносных месторождений выделяются раннемагматические типа рифа Меренского в Бушвельдском массиве (платина-хромит-медно-никелевая формация) и позднемагматические типа Нижне-Тагильского месторождения (хромит-платиновая формация).

Месторождения, содержащие платиноиды в качестве попутных компонентов, относятся к следующим группам: ликвационные медно-никелевые и сульфидные никелевые норильского типа (медь-никель-платиновая формация); хромитовые с платиноидами кордильерского типа; комплексные медно и молибден-меднопорфировые месторождения.

Магматические (ликвационные) месторождения, формация платиноидно-медно-никелевая сульфидная – наиболее важный для России тип, к которому относятся крупнейшие Талнахское и Октябрьское месторождения (Норильский рудный район), которые по содержанию и запасам МПГ не имеют себе равных среди других сульфидных платиноидно-медно-никелевых объектов мира. Описание формации приводится в разделе «Никель». Платиновая минерализация сконцентрирована в сульфидных рудах нижних рудоносных толщ интрузивов и в экзоконтактовых метасоматитах. Породы представлены габбро-долеритами.

Платиноносные рудные тела относятся к нескольким типам: пластообразные пологозалегающие слои с вкрапленностью пентландит-халькопирит-пирротинового состава; инъекционно-магматические сплошные руды плитообразных залежей, линз и жил; инъекционно-метасоматические прожилково-вкрапленные руды; брекчиевидные руды.

Наибольшие концентрации платины и палладия установлены в линзах и жилах сплошных руд внутри интрузивов. По содержаниям МПГ месторождения являются уникальными: содержание Pd достигает 200 г/т (ранее до отработки до 2 кг/т), Pt – до 60 г/т, Rh – до 17 г/т. Максимально обогащенными Pd являются руды Октябрьского, а Ir и Ru - Талнахского месторождения.

Состав руд отличается большим количеством минералов и разнообразием

минеральных форм платиноидов. На Октябрьском месторождении установлены минералы платины и палладия. Главными являются паоловит Pd_2Sn и соболевскит $PdBi$. На Норильском месторождении преобладают ферроплатина $(Fe,Ni,Cu)Pt$ и рустенбургит $(Pt,Pd)_3Sn$, встречаются железистая платина Pt_3Fe_2 , плюмбопалладинит Pd_3Pb_2 , сперрилит $PtAs_2$ и другие.

Минералы платиноидов образуют микроскопические мономинеральные выделения размером 1-15 мкм или полиминеральные сростки до 70 мкм.

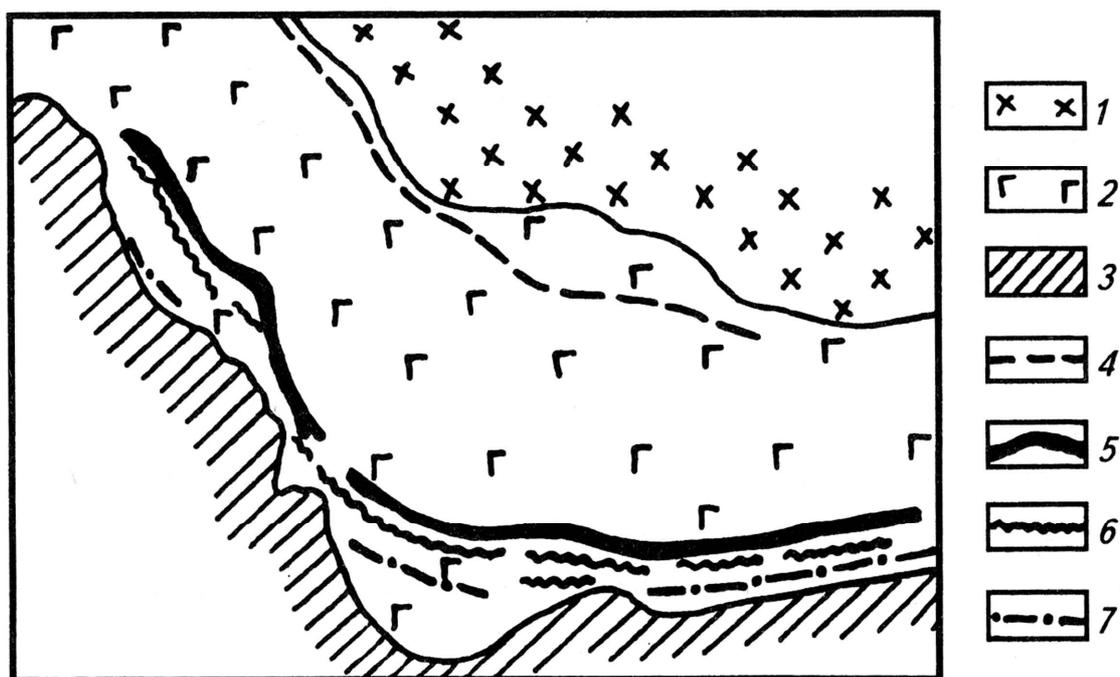
В Печенгском районе (Кольский полуостров) запасы МПГ более чем в 100 раз уступают норильским. Наиболее значительными в этом районе являются Ждановское и Заполярное месторождения. Из платиновых минералов здесь установлены сперрилит, атоцит, меренскит, майченерит и другие. Содержание $Pt - 0,02-0,23$ г/т, $Pd - 0,04-0,39$ г/т.

К менее значительным по запасам и ресурсам сульфидным платиноидно-медно-никелевым принадлежит ряд месторождений и рудопроявлений ВКМ, изучаемых группой научных сотрудников под руководством проф. Н.М.Чернышова. Это Мамонский тип месторождений, связанных с интрузиями дунит-перидотит-габбро-норитовой формации. Главным концентратором МПГ являются магнезиальные дифференциаты (дуниты, перидотиты, оливинные пироксениты). Содержания платиновых металлов составляют: 1,109 г/т ($Pt - 0,02-0,8$, среднее 0,091; $Pd - 0,005-0,06$, среднее 0,018) в дунитах. Содержания платиновых металлов заметно снижаются в перидотитах и серпентинитах. Общая закономерность для месторождений мамонского типа – преобладание Pt над Pd .

К этой же формации относится и Еланский тип, характеризующийся платино-палладиево-медно-кобальт-никелевыми рудами, ассоциирующими с телами ортопироксенит-норит-диоритов. Выполненное исследователями [2] изучение распределения МПГ показало, что Еланский комплекс отличается невысокими концентрациями платиноидов и устойчивым преобладанием Pd над Pt ($Pt - 0,004-0,015$ г/т, $Pd - 0,01-0,04$ г/т). Наиболее важный интерес представляет сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение в ортопироксенитах (Центральное рудопроявление).

Из зарубежных к этой формации относится ряд месторождений Бушвельда (ЮАР), Садбери (Канада), Камбалда (Австралия).

Раннемагматические месторождения, формация малосульфидная платинометальная. Наиболее крупным и типичным представителем этой формации является Риф Меренского (ЮАР), сюда же относится месторождение Стиллуотер, являющееся главным источником МПГ в США. Риф Меренского сложен перемежающимися пироксенитами и анортозитами с гнездами и прожилками хромитов. По простиранию он прослежен на 230 км при средней мощности 0,8 м, рис. 25. Минеральный состав Рифа: ромбический пироксен, битовнит, биотит, хромит, магнетит, ильменит. Участки вкрапленных руд содержат пирротин, пентландит, халькопирит, кубанит, миллерит. Минералы платиновой группы представлены ферроплатиной, куперитом, сперрилитом,



1 - граниты; 2 - нориты; 3 - осадочные породы; 4 - тела титаномагнетитов; 5 - Риф Меренского; 6 - тела хромитов; 7 - разрывные нарушения.

Рисунок 25 - Хромитовые и платиновые месторождения площади Рустенбург массива Бушвельд (по Д.Куну).

теллуридами платины и палладия. Содержание платиноидов 5-15 г/т. Доля платины в рудах составляет 60%, палладия – 25%, остальное приходится на другие платиноиды. Ресурсы оцениваются в 18 тысяч тонн.

Платиновая минерализация Бушвельда формировалась на разных этапах магматического процесса. Руды Рифа Меренского рассматриваются большинством исследователей как раннемагматические.

Позднемагматические месторождения, формация платиносодержащих хромитовых руд. Для зарубежных стран важнейший в промышленном отношении тип. Он представлен месторождениями Бушвельда, Уральскими месторождениями (Нижне-Тагильское), Кемпирсайско-Рай-изским, Алданским и Гулинским месторождениями.

Платиновая минерализация Бушвельда формировалась на разных этапах магматического процесса. Наряду с раннемагматическими в районе известны позднемагматические крутопадающие трубообразные залежи платиноносных дунитов. Залежи имеют диаметр 10-100 м и прослеживаются на глубину до 300 м.

Минеральный состав – хромшпинелиды, оливин, пироксены, титаномагнетит в сростках с минералами платиноидов: поликсеном, самородной платиной, ферроплатиной, иридистой платиной. Содержание платиноидов в аллювиальных россыпях изменяется от нескольких миллиграммов до сотен граммов на 1м³.

Уральский (нижнетагильский) тип представлен платиноносным поясом, который прослеживается на 900 км вдоль Главного Уральского разлома. Ряд

массивов пояса при разрушении образовали гигантские россыпи платиноидов, которые начали обрабатываться на Урале с 1824 года. Месторождения связаны с массивами дифференцированных ультраосновных пород. Платиноносными являются дуниты (рис. 26). В них отмечаются шпиры, гнезда, жилы, прожилки хромитов (преобладают магнхромит и хромит). Для хромититов Нижне-Тагильского массива характерны следующие содержания (в г/т): Pt – 0-19,4; Pd – 0-2,22; Rh – 0-0,043; Ru – 0,26-0,43; Ir – 0-0,2; Os – 0,27-0,56.

Общий перечень платиновых минералов в платино-хромитит-дунитовых месторождениях Платиноносного пояса Урала следующий: Pt самородная, железистая, иридная, медистая, никелистая, поликсен, изоферроплатина, платинистый иридий, иридий самородный, осмирид, иридосмин, самородный осмий, куперит и др. Были встречены платиновые самородки, наиболее крупный из которых весил 427 г.

Платиносодержащие хромитовые руды, приуроченные к дунит-гарцбургитовому массиву, известны на Полярном Урале (Рай-Изское месторождение). Максимальные содержания платины установлены в дунитах (до 0,1 г/т) и хромитовых рудах (до 0,3 г/т). Платиноиды представлены изоферроплатиной (с Ir), осмиридом, иридоосмиридом, рутениридоосмиридом, а в зонах дробления и серпентинизации – самородной платиной, куперитом, лауридом и др.

Потенциально промышленно-значимыми являются месторождения Корякско-Камчатского пояса, относящиеся к этому типу, месторождения Алданского типа (Кондер, Чаф и др.).

Платиносодержащая титаномагнетитовая формация. В целом ряде ванадийсодержащих титаномагнетитовых месторождений установлены Pt минералы. Выделяются пудожгорский, качканарский, волковский и чинейский типы месторождений.

В Пудожгорской габбро-долеритовой интрузии рудный горизонт представлен окисными титаномагнетитовыми рудами. Рудный горизонт – концентратор Pt, Pd, Au, Cu и Ni. Содержание МПГ и золота (в г/т): Pd – 0,075-0,088, Pt – 0,028-0,029, Au – 0,034-0,041. В рудах установлены теллуриды Pd с небольшой примесью Bi и электрум.

В рудах Качканарского и Гусевогорского месторождений установлены МПГ от следов до 0,75 г/т, среди которых преобладают Pt и Pd. Среди минералов установлены сперилит, стибиопалладинит, медистый Pd, палладистая Pt, поликсен, ферроплатина, иридосмин, осмирид, осмий и др.

Волковский тип охарактеризован в разделе «Медь».

Чинейское месторождение железо-титан-ванадиевых руд (Сев. Забайкалье) является крупнейшим в России по ванадию и намечено для разработки. Оно имеет многие черты сходства с Волковским месторождением. Максимально обогащенными платиновыми минералами являются породы железорудной серии, в которой преобладают Pt (0,2-0,3 г/т) и Pd (0,1-0,5 г/т).

Платиносодержащая меднорудная формация. Медистые песчаники ряда месторождений: Удоканского, Сухаринского, Предуральского прогиба



1 - россыпи платины и золота; 2 - четвертичные отложения; 3 - апогаббровые и аподиоритовые амфиболиты; 4 - габбро-диориты; 5 - уралитизированные габбро; 6 - аподунитовые и аподиоритовые амфиболиты; 7 - аподунитовые серпентиниты; 8- дуниты; 9 - известняки.

Рисунок 26 - Схематическая геологическая карта Нижне-Тагильского платиноносного массива (по Н.Высоцкому).

содержат повышенные количества платиновых металлов. На Удоканском месторождении отмечаются следующие содержания благородных металлов (в г/т): Pd – 0,2-0,08; Ag – 77-675; в меньшей мере Au -0,1; Pt -0,03; в месторождениях Предуральского прогиба Pt до 0,6; Pd – 2,4; Rh до 4,1;

Вороного бора Заонежья до 7,1 Pd.

Платиносодержащая соленосная формация. В нерастворимом остатке, выделенном из красных сильвинитов Верхнекамского месторождения калийных солей, отмечается содержание благородных металлов (в г/т): Pt – до 24,2; Pd – 3,4; Rh – 0,43; Au – 25 и Ag – 172.

Полигенные месторождения

К полигенным месторождениям относится платиносодержащая полиметальная формация черных сланцев и метасоматитов. Здесь выделяются: онежский тип – кратко охарактеризован в разделе «Ванадий»; сухоложский тип – описан в разделе «Золото»; тимской тип – ниже приводится его характеристика.

Золото-платинометальное оруденение, ассоциирующее со стратифицированными высокоуглеродистыми образованиями и их метасоматитами, установлено во всех структурно-вещественных комплексах Воронежского кристаллического массива (ВКМ). Наибольшие содержания благородных металлов связаны с высокоуглеродистыми породами оскольской серии (Тим-Ястребовская золото-платиноносная структура КМА и др.), приуроченными к краевым частям позднеархейских зеленокаменных поясов. Среди минералов МПГ установлены [2]: самородный палладий, золото-платиновый палладий, самородная платина, а также селенид платины и палладия и более сложные соединения.

Сложный характер распределения МПГ и Au и сопутствующих им элементов в металлоносном черносланцевом комплексе ВКМ является, вероятно, следствием не только разнотипных первичных источников рудного вещества, но и последующего перераспределения в процессе метаморфизма и метасоматоза.

Экзогенные месторождения

Россыпные месторождения формируются при разрушении сравнительно бедных, но значительных по площади и запасам интрузивных массивов. По типу разрушающихся коренных месторождений россыпи подразделяются на следующие типы: уральский (корякский) иридиево-платиновый; алданский иридиево-платиновый, иридиево-осмиево-золото-платиновый; альпийский платинометальный норильский; золото-родиево-платиновый виллюйский. Наибольшее промышленное значение имеют первые два типа. Россыпи Урала в течение длительного времени были главным источником Pt во всем мире. Наиболее богатые россыпи были установлены в Нижнетагильском, Исовском, Косвинском районах. Добыча платиноидов продолжается и сейчас. Ведущим минералом уральских россыпей является платина. Нередко встречаются самородки, самый крупный весил 9,6 кг.

В 1991 году были открыты промышленные россыпи корякского (уральского) типа на севере Камчатки.

Зарубежными аналогами данного типа россыпей являются россыпи Британской Колумбии и Аляски.

Россыпное месторождение алданского типа – Кондер является крупнейшим в стране и мире. Преобладающим минералом россыпи является изоферроплатина, встречаются включения осмиридия, платосмиридия, а также мелкие включения других платиноидов. Среднее содержание МПГ составляет 0,2-2 г/т м³.

Платиноиды установлены также в древних метаморфизованных россыпях. Так, в метаморфизованных древних конгломератах ЮАР (район Витватерсранд) содержатся осмистый иридий, платинистый иридий, сперрилит, куперит.

Перспективные типы платиносодержащих месторождений

1. Железо-марганцевые конкреции Мирового океана.
2. Глубоководные полиметаллические сульфидные образования.
3. Платиноносные офиолитовые и черносланцевые комплексы.

Техногенные месторождения

Хвосты, отвалы и различные промпродукты платинометаллических и платиносодержащих месторождений (платиноидных, хромитовых, полиметаллических, медно-молибденовых, медных, россыпных золоторудных, в том числе древних метаморфизованных).

Тема 4 (2 часа). Введение. Неметаллические полезные ископаемые.

Области промышленности, использующие неметаллические полезные ископаемые. Требования к качеству неметаллического сырья и характеристика технологии его переработки; масштабы потребления в различных областях производства и предпринимательской деятельности. Перспективы и темпы роста добычи различных видов неметаллического сырья, их мировые минерально-сырьевые базы. Обеспеченность России соответствующим неметаллическим сырьем (запасы и ресурсы); задачи геологоразведочных работ.

Значение нефти, газа и угля в экономике, их место в топливно-энергетическом балансе. Распределение энергетического сырья по странам и континентам, Динамика добычи нефти, Запасы, ресурсы. Прогноз на ближайшее десятилетие.

Общая классификация месторождений. Характерные генетические особенности главнейших видов неметаллических и горючих полезных ископаемых, особенности их морфологии и условий залегания.

Группы полезных ископаемых по производственным признакам: горючие (топливно-энергетическое сырье), химическое и агрономическое, индустриальное, индустриально-камнесамоцветное сырье, строительно-конструкционные материалы и сырье для их производства.

Тема 5 (6 часов). Топливо-энергетическое сырье (горючие полезные ископаемые).

1. Состав и свойства нефти и газа. Состав нефти: элементный, компонентный, фракционный, изотопный. Углеводородный состав нефти:

алканы, цикланы, арены. Неуглеводородные компоненты нефти; смолы, асфальтены. Хемофоссилии. Физические свойства нефти, их связь с химическим составом. Основные классификации нефтей. Состав и физические свойства природных газов. Классификация природных газов. Конденсаты, конденсатные системы. Газогидраты. Твердые нафтиды - продукты природного преобразования нефти, их классификация, состав, свойства.

2. Условия образования нефти и газа. Горючие полезные ископаемые - наследие биосфер прошлого. Состав современной биосферы. Биомасса и биопродукция. Круговорот углерода в природе. Состав вещества живых организмов; белки, углеводы, липиды, лигнин. Природные ассоциации и их отражение в составе биомассы в геологической истории. Формы нахождения органического вещества (ОВ) в природе. Состав ОВ; растворимые и нерастворимые компоненты: битумоиды, гуминовые кислоты, нерастворимое органическое вещество (НОВ), кероген. Генетические типы ОВ, типы керогена. Преобразование ОВ в седиментогенезе и диагенезе. Автохтонное и аллохтонное ОВ в бассейне седиментации. Факторы, определяющие скорость накопления ОВ. Геохимические фации и критерии их выделения. Биохимический этап преобразования ОВ. Бактериальные маты и их роль в накоплении ОВ. Формирование основных фракций ОВ. Эволюция органического вещества в катагенезе. Основные шкалы катагенеза. Факторы катагенеза. Понятие о главной зоне и главной фазе нефтеобразования и фазах газообразования. Нефтегазоматеринские и нефтепроизводящие толщи, принципы их диагностики. Понятие о нефтегазоматеринском потенциале ОВ; свиты, толщи, формации. Основные положения осадочно-миграционной теории нефтеобразования Н.Б.Вассоевича. Современные модели нефтеобразования. Неорганические гипотезы образования нефти и газа.

3. Природные резервуары. Условия залегания нефти и газа в недрах. Коллекторы и флюидоупоры. Емкостные свойства коллекторов. Пористость, ее виды. Факторы, определяющие емкостные свойства. Фильтрационные свойства пород; проницаемость фазовая, относительная. Закон Дарси. Виды и типы коллекторов; первичные, вторичные; поровые, трещинные, кавернозные, биопустотные; терригенные, карбонатные, вулканогенные. Связь емкостных и фильтрационных свойств; нетрадиционные коллекторы: глинистые, карбонатные, кремнистые. Флюидоупоры, их типы. Региональные, зональные, локальные флюидоупоры. Факторы, снижающие свойства флюидоупоров. Нефтегазоносные комплексы, их типы. Природные резервуары и их типы: пластовые, массивные, ограниченные со всех сторон.

4. Миграция нефти и газа. Виды и типы миграции. Силы, обуславливающие перемещение нефти и газа. Давление геостатическое, гидростатическое, динамическое; гравитационные силы, молекулярные и капиллярные. Первичная миграция - эмиграция. Формы первичной миграции. Роль воды и газа в первичной миграции. Вторичная миграция - перемещение флюида в коллекторе; факторы, формы, скорость, дальность. Роль геологических факторов во вторичной миграции.

5. Аккумуляция нефти и газа. Экраны, виды и типы природных экранов: литологические, тектонические, гидродинамические. Ловушки, основное условие их формирования. Генетическая и морфологическая классификация ловушек. Залежи нефти и газа. Классификация залежей по типу ловушки, по составу флюидов, по режиму.

6. Месторождения нефти и газа. Классификация месторождений нефти и газа. Месторождения платформенных и складчатых областей, особенности строения, гигантские месторождения России, мира. Зональность в распределении нефти и газа. Представление о возрасте и продолжительности формирования месторождений (залежей). Разрушение залежей нефти и газа.

7. Закономерности распространения нефти и газа в земной коре. Нефтегеологическое районирование, нефтегазоносные провинции, нефтегазоносные пояса. Нефтегазоносные бассейны (НГБ) - основной элемент нефтегеологического районирования. Районирование НГБ: нефтегазоносные области, ареалы зон нефтегазонакопления, зоны нефтегазонакопления, месторождения. Типы зон нефтегазонакопления. Классификация нефтегазоносных бассейнов. Основные нефтегазоносные бассейны России, СНГ, мира (Западно-Сибирский, Тимано-Печорский, Прикаспийский, Волго-Уральский, Персидского залива). Пространственное распределение скоплений нефти и газа по странам, континентам, стратиграфическому разрезу.

8. Твердые горючие ископаемые. Свойства и состав твердых горючих ископаемых (торф, уголь, горючий сланец). Марочный состав. Изменение химического состава и физических свойств углей в ряду метаморфизма. Петрология углей и горючих сланцев. Сапропелиты, их типы. Условия образования угленосной толщи, пластов углей (горючих сланцев). Понятие об угленосных формациях и фациях. Угленосные формации платформ, краевых прогибов, межгорных впадин. Закономерности распределения твердых горючих ископаемых в земной коре. Пояса углеобразования. Крупнейшие угольные бассейны России, СНГ, мира. Бассейны и месторождения горючих сланцев СНГ. Запасы углей, горючих сланцев в России, СНГ, мире. Направления использования. Твердые горючие ископаемые - сырье для получения жидких топлив, редких и рассеянных элементов.

Тема 6 (4 часа). Индустриально-камнецветное сырье (месторождения кристаллов, их агрегатов, скрытокристаллических веществ)

АЛМАЗЫ

Основные свойства. Области применения. Запасы и добыча. Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Магматические (раннемагматические) – формация алмазоносных кимберлитов и лампроитов. Образование алмазов связано с продуктами платформенного магматизма – кимберлитами (в настоящее время их известно более 3000, из них 10 % алмазоносны и только 2,5 % промышленные) и лампроитами. Эти породы выполняют трубки – конусообразные, суживающиеся вниз тела в плане

округлой, эллипсовидной, реже более сложной формы, прослеживаемые на глубину до 2 км и более. В разрезе трубок различают кратерную, диатремовую и каналную части (рис.27). Площади выхода наиболее крупных из них достигают десятков и первых сотен гектаров. Самая крупная кимберлитовая трубка Мвадуи в Танзании достигает размеров на поверхности 2525 x 1068 м. Возраст большинства южноафриканских трубок – меловой, трубки района Претория (трубка Премьер и др.) имеют докембрийский возраст. На Сибирской платформе кимберлитовый магматизм проявился от позднего протерозоя до юры, кимберлиты и лампроиты Западной Австралии имеют возрастной диапазон от протерозоя до миоцена.

Кимберлиты представляют собой серпентинизированную и карбонатизированную ультраосновную породу повышенной щелочности (К преобладает над Na), имеющую порфировую либо кластически порфировидную структуру с вкрапленниками оливина, талька, флогопита, магнетита, ильменита, апатита и других минералов. Характерной особенностью кимберлитов является присутствие в них обломков вмещающих терригенных, карбонатных и трапповых пород чехла, метаморфизованных образований

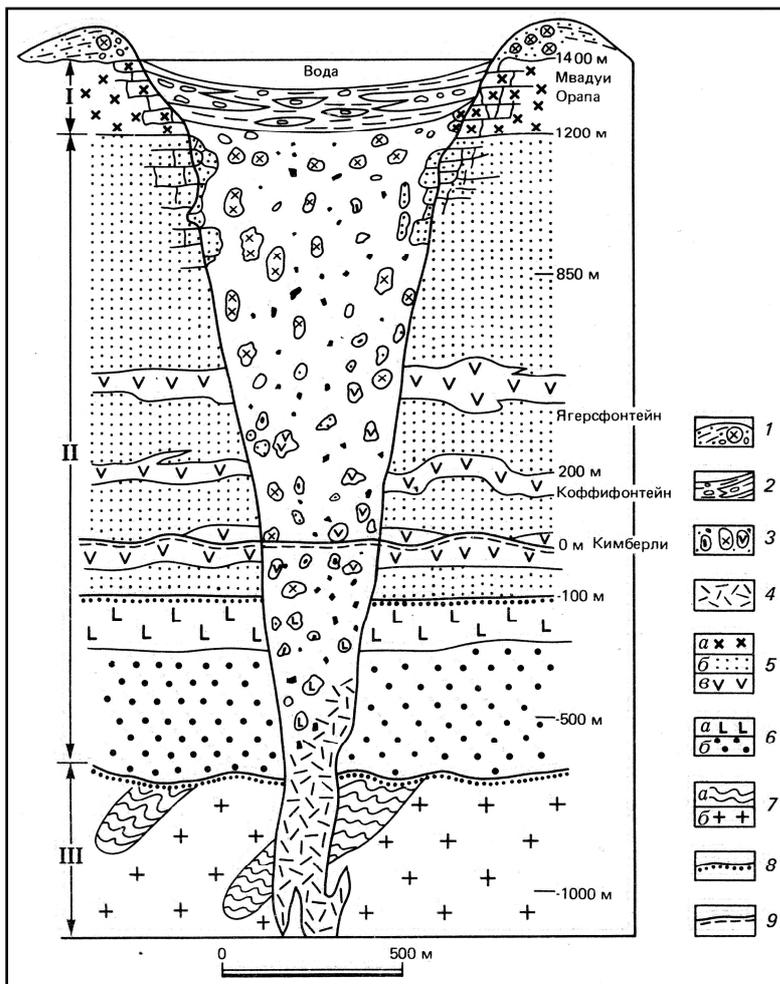


Рисунок 27 - Графическая модель южноафриканских кимберлитовых трубок (по Дж. Хаусону) с упрощением.

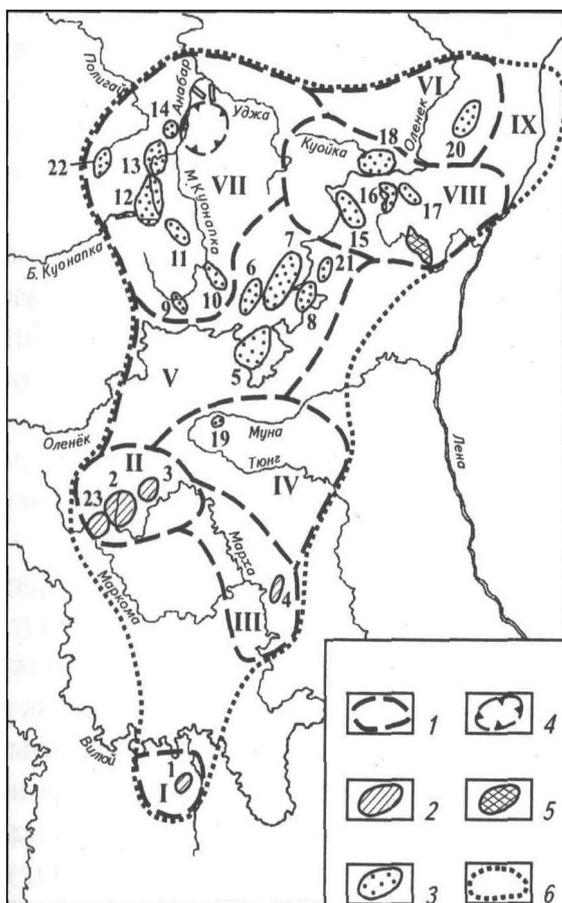
1 — туфы вулканического конуса; 2 — кратерные осадки; 3 — взрывные кимберлитовые брекчии (агломераты, туфы); 4 — интрузивные брекчии и кимберлиты; 5 — породы системы Карру (C₃—P—T): а — основные лавы, б — сланцы, песчаники, в — долериты; 6 — система Вентердорп (PR₁): а — андезитовые лавы, б — конгломераты, кварциты; 7 — Первичная система (AR): а — сланцы, б — гранитогнейсы; 8 — границы систем; 9 — современная поверхность трубок и силлов в поле Кимберли. Части трубок: I — кратерная; II — диатремовая, III — каналная.

кристаллического фундамента, глубинных мантийных ксенолитов эклогитовой и перидотитовой магм. Типоморфными акцессорными минералами кимберлитов являются пироп, хромшпинелиды, хромдиопсид, энстатит, пикроильменит и др. В лампроитах значительно повышается роль К и появляется лейцит.

Кимберлитовые и лампроитовые трубки обычно характеризуются гнездово-кластерным распределением, подчиненным зонам глубинных разломов и их пересечений. Очень богатые трубки содержат 3 – 4 карата алмазов на одну тонну породы. С глубиной содержание алмазов обычно снижается.

При выветривании в условиях теплого и влажного климата кимберлит разрушается, гидратируется, приобретает синевато-зеленую окраску («синяя земля»), первичная структура породы при этом сохраняется. Дальнейшее разрушение и окисление превращают его в землистую глиноподобную массу, окрашенную гидроокислами железа в желтый цвет («желтая земля»).

Проблема генезиса кимберлитов и лампроитов представляется следующим образом. Соответствующие магмы поступали из глубинных мантийных очагов, о чем свидетельствуют ксенолиты эклогитового и перидотитового слоев верхней мантии. Взрывной, многостадийный характер заполнения трубок магматическим материалом подчеркивается появлением в них ксенолитов вмещающих пород кристаллического фундамента и других, морфологией и внутренним строением самих трубок и другими признаками.



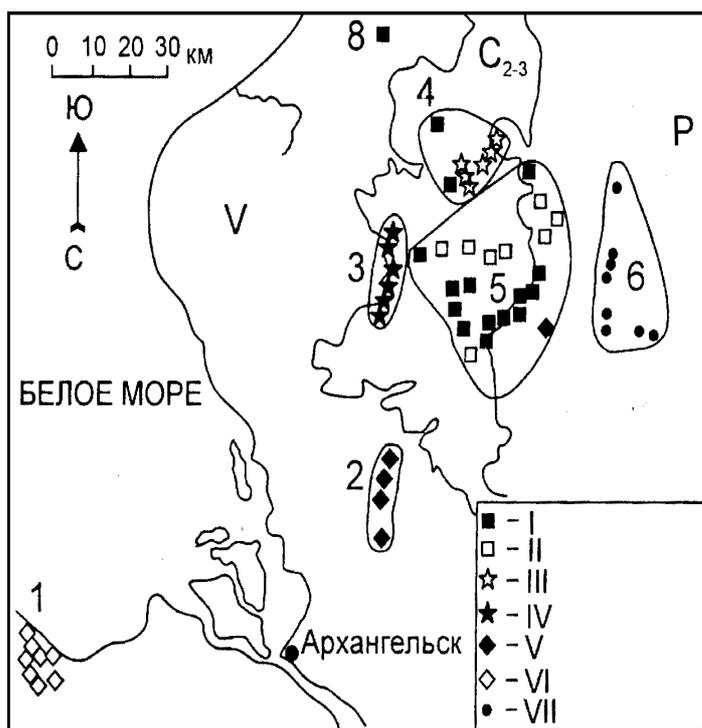
1 - алмазоносные районы: I – Малоботуобинский, II – Далдыно-Алакитский, III – Среднемархинский, IV – Муно-Тюнгский, V – Среднеоленинский, VI – Нижнеоленинский, VII – Анабарский, VIII – Приленский; 2 – рудно-россыпные поля: 1 – Мирнинское, 2 – Алакитское, 3 – Далдынское, 4 – Накынское; 3 – кимберлитовые поля: 5 – Чомурдахское, 6 – Западно-Укукитское, 7 – Восточно-Укукитское, 8 – Огонер-Юряхское, 9 – Куранахское, 10 – Лучаканское, 11 – Дюкенское, 12 – Ары-Мастахское, 13 – Старореченское, 14 – Орто-Ыаргинское, 15 – Мерчимденское, 16 – Молодинское, 17 – Толоупское, 18 – Куойкское, 19 – Мунское; 20 – Хорбусуонское, 21 – Моторчунское, 22 – Анабарское; 23 – Моркокинское; 4 – россыпные поля (Эбеляхское); 5 – отдельные промышленные россыпи алмазов; 6 – границы Якутской алмазоносной субпровинции.

Рисунок 28- Схема размещения алмазоносных районов, кимберлитовых полей и россыпей алмазов в Якутской алмазоносной субпровинции (по А.Д.Харькиву, Н.Н.Зинчуку, В.М.Зуеву).

Вопрос об образовании самих алмазов в трубках решается неоднозначно. Большинство геологов связывают образование алмазов с мантийными условиями за счет углеводородов: $\text{CH}_4 = \text{C} + 2\text{H}_2$. Ряд геологов считает, что кимберлиты формировались на глубине 3 – 5 км в промежуточных магматических камерах щелочно-ультраосновного вулканизма, а алмазы в них

кристаллизовались за счет свободного углерода либо углекислоты.

Алмазоносные кимберлитовые трубки известны в Южной Африке (Премьер, Кимберли, Де-Бирс и другие в ЮАР, в Лесото, Ботсване, Танзании, Зимбабаве и др.), на Сибирской (Мир, Удачная, Зарница, Ботуобинская, Нюрбинская, Айхал и др. рис. 28.) и Восточно-Европейской (Архангельская, им.Ломоносова, Пионерская, Поморская, им.Карпинского, им.В. Гриба и др. рис. 29.) платформах. Они известны также в Анголе, Сьерра-Леоне, Бразилии, Индии и других странах. Лампроитовые трубки сравнительно недавно выявлены в Западной Австралии, ряд трубок (Аргайл и др.) разрабатывается.



Поля магматизма: 1 – Нёнокское (Онежский п-ов); 2 – Ижмозерское; 3 – Золотицкое; 4 – Верхотинское; 5 – Кепинское; 6 – Турьинское; 7 – Полтинское; 8 – Пинежское. Типы пород: 1 – кимберлиты I группы; 2 – оливиновые мелилититы I группы; 3 – кимберлиты II группы; 4 – оливин-флогопитовые мелилититы II группы; 5 – оливиновые мелилититы II группы; 6 – оливин-пироксеновые мелилититы; 7 – толеитовые базальты.

Рисунок 29 - Схема размещения основных видов и геохимических типов магматических пород Архангельской провинции (по О.А. Богатинову и др.).

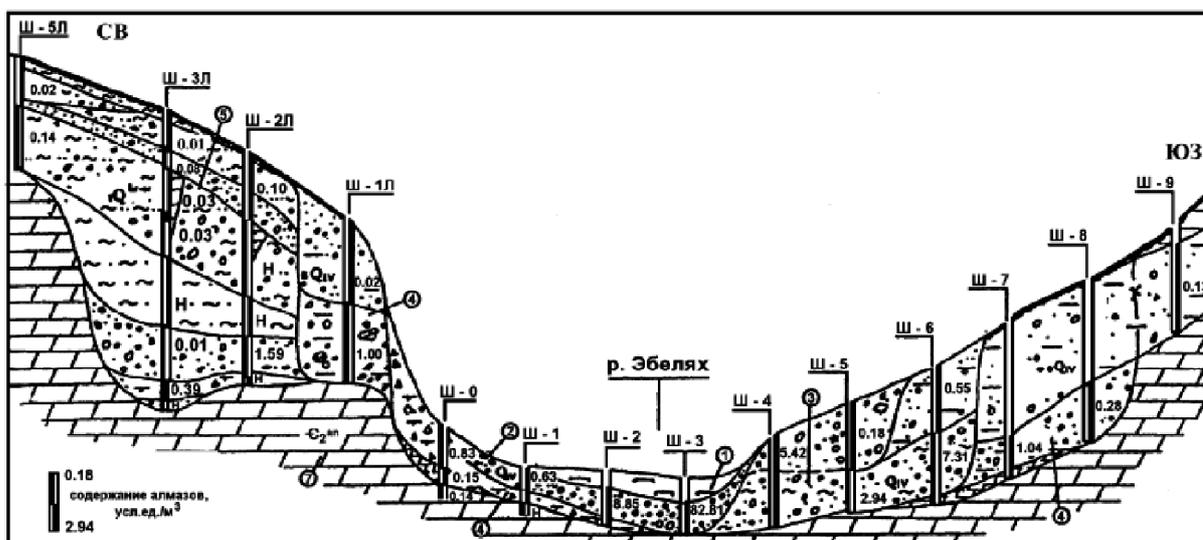
Экзогенные месторождения

Россыпи. Высокая стойкость алмазов позволяет им накапливаться в россыпях различных генетических типов: элювиальных, делювиальных, аллювиальных и морских. Главнейшими являются современные аллювиальные и морские россыпи. В аллювиальных россыпях алмазы концентрируются в гравелитах и галечниках речного русла, поймы и террас, максимальные их концентрации фиксируются в приконтактной части залежей. Содержание алмазов снижается по мере удаления от коренных источников. Протяженность таких россыпей может достигать десятков километров, ширина – десятков – первых сотен метров, мощность – несколько метров, средние содержания алмазов в них местами могут достигать десяти каратов и более.

Классическими районами современных аллювиальных россыпей являются россыпи Заира и Анголы, Зап. Африки (в Сьерра-Леоне, Гане, Гвинее, Мали, Либерии и др.), Бразилии (штат Минас-Жераис), россыпи Зап.Австралии, Ботуобинская и Эбеляхская россыпи на Сибирской платформе (рис.30.).

Наиболее выдающимися в мире представителями морских россыпей являются

россыпи Атлантического побережья Южной Африки (ЮАР и Намибия).



1 – лед; 2 – русловой аллювий; 3 – аллювий низкой поймы; 4 – аллювий высокой поймы; 5 – аллювий первой надпойменной террасы; 6 – кора выветривания; 7 – доломиты.

Рисунок 30 - Геологический разрез россыпи р.Эбелях по линии 252 (по С.А. Граханову).

Ископаемые россыпи самостоятельного значения обычно не имеют. Алмазы извлекаются при попутной добыче (золотоносные конгломераты Витватерсранд в ЮАР), однако ископаемые россыпи могут являться источниками алмазов для формирования современных россыпей.

КВАРЦ SiO_2

Общие сведения. Области применения. Требования к качеству сырья

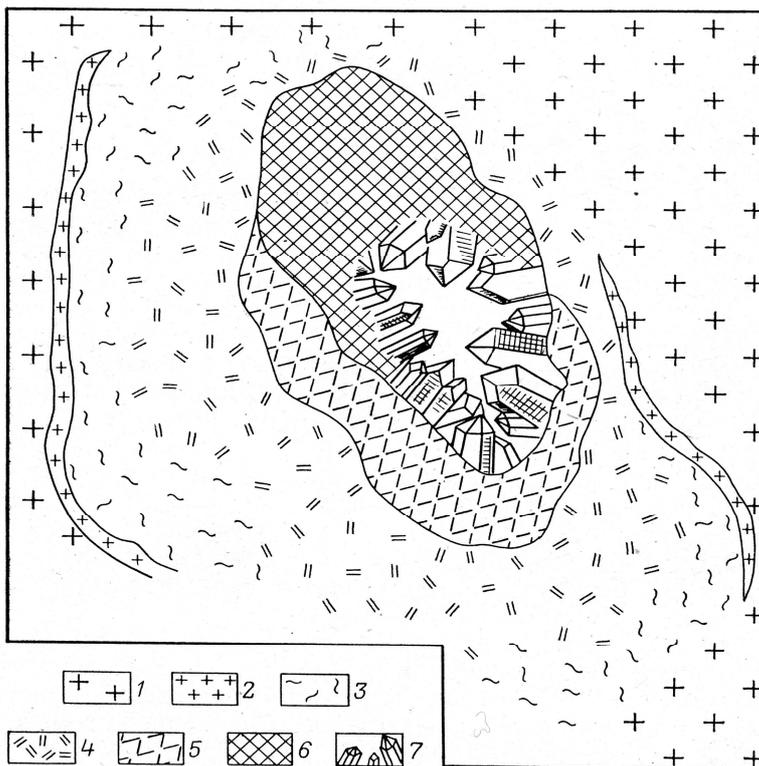
Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений

Среди промышленных типов пьезооптического кварца и кварца для плавки можно выделить следующие типы месторождений: пегматитовые, гидротермально-метаморфические, метаморфизованные и россыпные.

Эндогенные месторождения

Пегматиты. Пегматиты с полостями-занорышами, содержащими кристаллы дымчатого кварца или мориона, встречаются довольно часто, но часто оказываются непромышленными из-за низкого качества кристаллов или небольших масштабов минерализации. Известные крупные месторождения тесно связаны с гранитными интрузиями и расположены часто в зоне их внутреннего контакта.

Пегматитовые тела с кристаллами кварца и флюорита характеризуются изометричной формой, наличием хорошо развитого кварцевого ядра. Наиболее дифференцированные пегматитовые тела обычно являются самыми продуктивными.



1 — гранит; 2 — аплитовая оторочка; 3 — 6 — зоны: 3 — графического пегматита, 4 — пегматоидная, 5 — микроклиновая, 6 — кварцевое ядро; 7 — полость с кристаллами мориона.

Рисунок 31 - Схематический разрез камерного пегматита. По Е. Я. Киевленко.

Скопления пьезооптических минералов приурочены к полостям. Полости содержат хорошо ограненные кристаллы кварца, флюорита, топаза и заполнены слюдисто-глинистыми образованиями (рис. 31.). Размеры полостей варьируют от мелких занорышей объемом в десятые и сотые доли кубического метра до крупных погребов или камер длиной 10 – 20 метров.

Главными минералами хрусталеносных пегматитов являются микроклин и кварц, в меньшей степени распространены альбит, олигоклаз и биотит. Из других минералов встречаются топаз, берилл, ортит, литиевые слюды и флюорит. Хрусталеносные пегматиты могут служить источником получения драгоценных камней.

Пьезокварц в пегматитах обычно представлен морионом. Масса отдельных кристаллов иногда достигает нескольких десятков тонн, а масса кондиционных кристаллов может быть до 1000 кг.

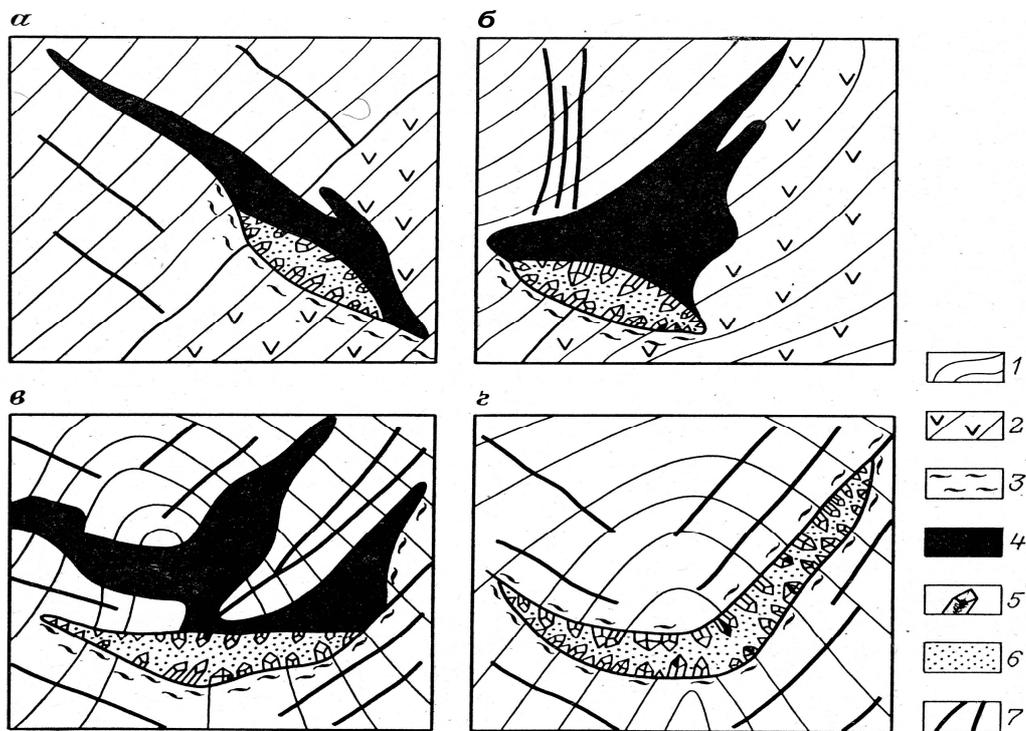
Месторождения хрусталеносных пегматитов известны в России (Карелия, Кольский полуостров, Урал, Мамско-Чуйский район в Сибири), на Украине, в Казахстане, а также в Бразилии, Индии, США и других странах.

Гидротермально-метаморфические. Этот тип является основным источником получения пьезокварца. Месторождения во многом отличаются от рудных месторождений. Особенностью их образования является взаимодействие гидротермальных растворов с боковыми породами, что объясняет их приуроченность к горным породам, богатым кремнеземом – кварцитам, кварцево – слюдистым сланцам, гранитоидам и др.

Месторождения представлены двумя морфогенетическими типами рудных тел: хрусталеносные кварцевые жилы и минерализованные трещины.

Хрусталеносные кварцевые жилы обычно пространственно связаны с массивами гранитоидов и располагаются в зоне их эндо- и экзоконтакта. Как

правило, они группируются в жильные поля и жильные зоны, положение которых контролируется разрывными тектоническими нарушениями. Форма жил разнообразна. Наряду с простыми жилами нередко встречаются сложные ветвящиеся и пересекающиеся кварцевые жилы и прожилки (рис. 32). Первоначальная форма значительно осложнена в результате перекристаллизации как кварцевого тела, так и вмещающих пород. Размеры могут быть значительными: длина по простиранию до 500 м при мощности от 15 до 30 м, но большинство кварцевых жил имеет небольшие размеры. Характерная особенность кварцевых жил – наличие в них значительного числа полостей, содержащих кристаллы кварца иногда очень больших размеров. Крупные полости объемом более 1 м³ принято называть хрустальными погребами. Полости чаще всего расположены в зальбандах и на выклинивании кварцевых жил, а также в местах пересечения трещин и ответвления апофиз.



1 – кварц- хлоритовые сланцы; 2 – рассланцованные диабазы; 3 – гидротермально измененные породы; 4 – крупнозернистый кварц; 5 – кристаллы кварца; 6 – хлоритовый «песок»; 7 – тектонические трещины.

Рисунок 32 - Схематические разрезы хрусталеносных кварцевых жил (а—в) и минерализованной трещины (г). По Г. П. Петрунину.

Кварцевые жилы имеют очень простой минеральный состав. В основном они бывают почти мономинеральными кварцевыми, иногда помимо кристаллов кварца в жилах встречаются альбит, карбонаты, рутил, брукит, анатаз, турмалин и другие минералы. Жильные кварц имеет средне- и крупнозернистую, шестоватую, иногда друзовую структуру.

Гидротермальные изменения боковых пород заключаются в их серицитизации и хлоритизации, реже в эпидотизации, альбитизации и

карбонатизации.

Пьезокварц на месторождениях данного типа представлен горным хрусталем и дымчатым кварцем. Размеры кристаллов самые различные; масса наиболее крупных достигает десятков и даже сотен килограммов.

Хрусталеносные минерализованные трещины представляют собой разновидность хрустальных гнезд, залегающих обособленно от кварцевых жил, непосредственно во вмещающих породах. Они часто приурочены к зальбандам даек кварцевых порфиров, гранит-порфиров, диабазов.

Минерализованные трещины содержат хорошо сформированные кристаллы и друзы горного хрусталя, дымчатого кварца, мориона, цитрина и аметиста. Кристаллы кварца являются главными, они сопровождаются турмалином, рутилом, кальцитом, флюоритом, альбитом, адуляром, цеолитами и др. Характерная особенность минерализованных трещин – формирование как отдельных кристаллов, так и друз горного хрусталя на стенках открытой полости (рис. 6.).

Месторождения горного хрусталя известны в России (Полярный и Южный Урал, Алдан), в Таджикистане, Казахстане, а также в Монголии, Китае и других странах. Классическими и крупнейшими являются месторождения Бразилии. Генезис этих месторождений связывают с тектонометаморфической активизацией.

Метаморфизованные месторождения образуются при метаморфизме первичных кварцевых жил. Наиболее высокие концентрации жил гранулированного кварца связаны с глубоко метаморфизованными комплексами пород в протерозойских складчатых областях – с так называемым гнейсо-мигматитовым комплексом. Большинство месторождений гранулированного кварца расположено в довольно узкой приконтактной зоне гнейсового ядра и сланцевого обрамления. Под влиянием регионального метаморфизма происходила грануляция жильного кварца и очищение его от примесей. Тела гранулированного кварца формируют крупные жильные поля или линейные зоны, согласные с общим простиранием вмещающих горных пород, но нередко секущих их по падению. Размеры рудных тел изменяются в широких пределах: по простиранию от 5 до 20 метров, а мощностью от нескольких сантиметров до 3 метров. Форма тел обычно простая: линзы и плитообразные жилы.

Гранулированный кварц отличается повышенной химической чистотой и максимальным светопропусканием. В настоящее время – это основной источник получения плавленого кварцевого стекла. Примером являются месторождения Урала (Кыштымское, Маукское, Ларинское, Кузнечихинское и др.).

Экзогенные месторождения

Россыпные месторождения кристаллов кварца и их обломков распространены довольно широко. Они расположены вблизи от коренного источника и представлены элювиальными и делювиальными типами, в большинстве случаев связанными постепенными переходами. При формировании россыпей происходит их естественное обогащение

высококачественными кристаллами, так как они меньше поддаются разрушению.

Промышленные хрусталеносные россыпи широко развиты на восточном склоне Южного Урала, на Украине. Примером зарубежных месторождений являются россыпи Бразилии.

ИСЛАНДСКИЙ ШПАТ $\text{Ca}[\text{CO}_3]$

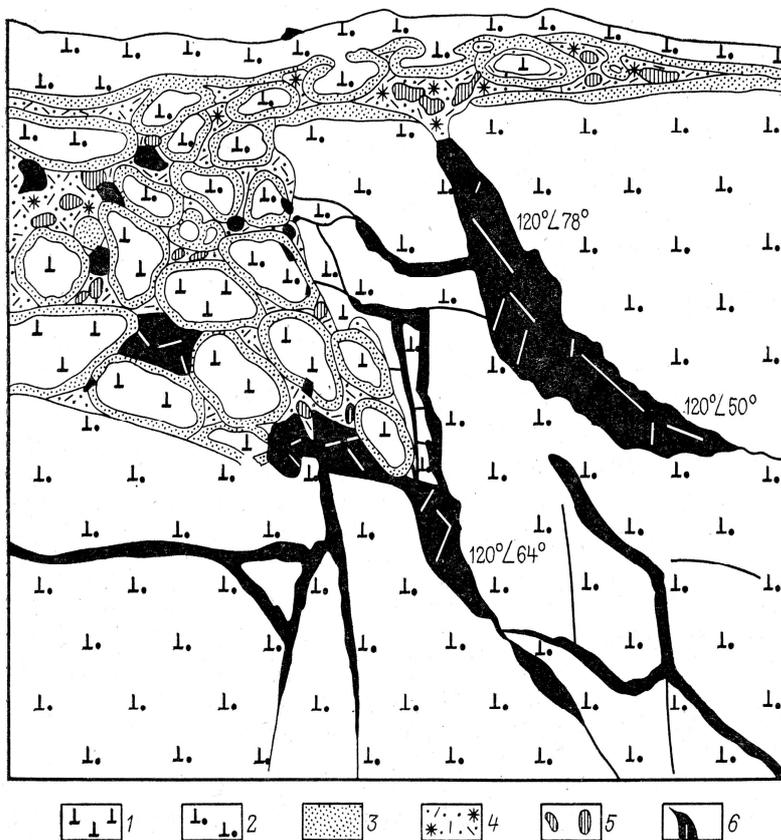
Свойства и области применения. Требования к качеству сырья.

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Гидротермальные (вулканогенные) низкотемпературные месторождения.

Месторождения находятся на древних платформах и связаны с породами трапповых формаций. Они могут быть приурочены к базальтовым покровам, к пластам и линзам туфогенных пород, к рвущим телам долеритов. Исландский шпат ассоциирует с цеолитами, анальцимом, халцедоном и монтмориллонитом.



1—2 — базальт: 1 — плотный, 2 — миндалекаменный; 3 — мандельштейн; 4 — дресва шаровых лав с морденитом, халцедоном, кальцитом; 5 — выделения халцедона; 6 — блоковый кальцит и кристаллы исландского шпата.

Рисунок 33 - Скопления исландского шпата в клиновидных трещинах миндалекаменных базальтов и в перекрывающих их шаровых лавах. По М. С. Васильевой.

Выделяют три главных геолого-промышленных типа месторождений. Главный тип представлен шпатоносными телами в базальтовых покровах. Они локализуются в структурах коробления миндалекаменных базальтов (трещинный тип) или в горизонтах и линзах шаровых лав. Исландский шпат образует гнезда в межшаровых пустотах, а также выполняет клиновидные и неправильные трещины в мандельштейнах и миндалекаменных базальтах (рис. 33.). Залежи имеют протяженность до 1км при мощности в первые метры. Исландский шпат — высокого и среднего качества. Масса уникальных кристаллов достигает 300 кг.

Второй геолого-промышленный тип - шпатоносные тела в туфогенных породах, они связаны с зонами дробления, достигают протяженности 400 – 500 м при мощности 2 – 10 м. Качество кристаллов невысокое обычно из-за присутствия в них включений.

Третий геолого-промышленный тип представлен шпатоносными телами, связанными с рвущими интрузиями долеритов, они контролируются зонами разломов. Тела имеют протяженность до 300 м при мощности до 10 м. Качество кристаллов низкое. Иногда в трещиноватых и брекчированных апикальных частях долеритовых тел могут появляться богатые шпатоносные тела с высококачественными кристаллами.

Классическим примером вулканогенно-гидротермальных месторождений исландского шпата являются многочисленные месторождения Сибирской платформы, известны на Тимане, за рубежом в ЮАР, (среди траппов Карру) в Индии.

Гидротермальные (телетермальные) месторождения имеют резко подчиненное значение, они представлены сериями мелких кальцитовых жил в разломах и карстовых полостях среди карбонатных пород. Кристаллы часто замутненные и белые, размеры могут достигать десятков сантиметров.

СЛЮДЫ

Общие сведения. Свойства и области применения. Требования к качеству руд. Обзор ресурсов

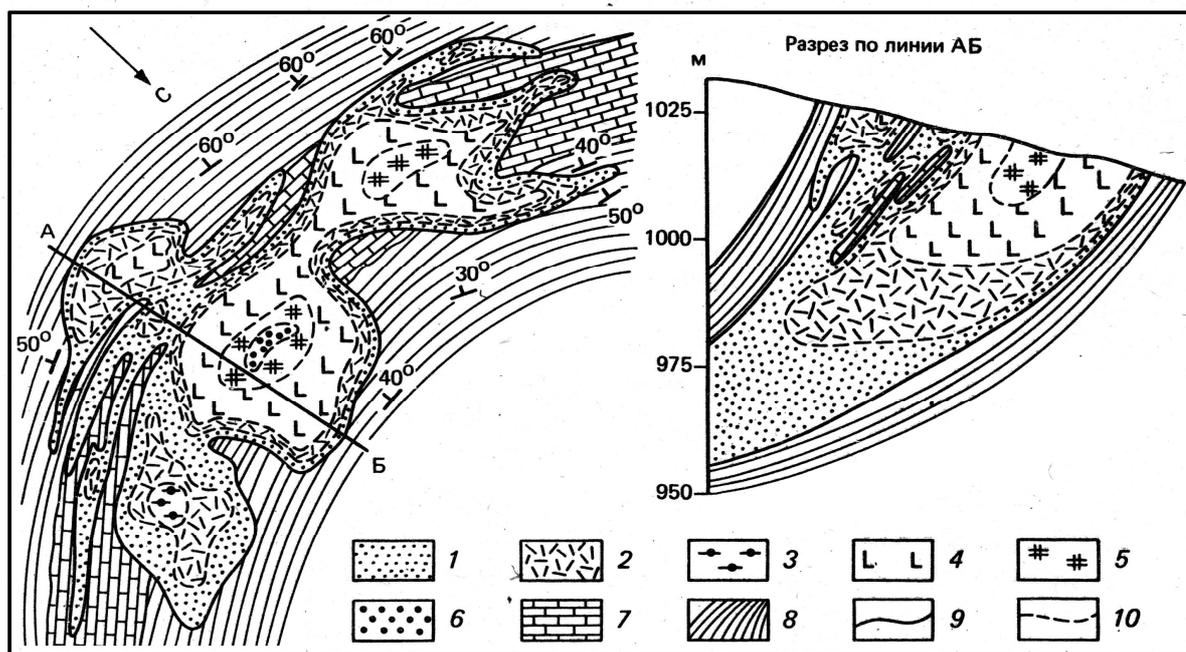
Мусковит $KAl_2(OH,F)_2[AlSi_3O_{10}]$

Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения.

Пегматитовые месторождения (формация мусковитоносных гранитных пегматитов) – единственный промышленный источник листового мусковита. Промышленные месторождения известны в районах развития докембрийских метаморфических толщ, располагаются вне гранитоидных интрузий. Это наиболее глубинные месторождения (образуются на глубине 6 – 8 км в условиях амфиболитовой фации метаморфизма). Гранитные пегматиты по составу плагиоклазовые и плагиоклаз-микроклиновые, обычно зональные. Пегматитовые тела образуют пегматитовые поля, которые объединяются в провинции, протяженность может достигать первых сотен километров при ширине 10 – 20 км. Морфология пегматитовых тел разнообразна: жилы, линзы, штоки, неправильные ветвящиеся тела согласные и секущие (рис. 34.).

Размеры жил достигают сотен метров в длину при мощности от метров до первых десятков метров.

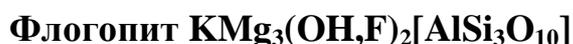


1 — пегматит мелкозернистый гранитовидный; 2 — пегматит крупнозернистый; 3 — блоковый плагиоклаз; 4 — пегматит графической структуры; 5 — блоковый микроклин; 6 — кварцевое ядро; 7 — известково-силикатные кристаллические породы (скарноиды); 8 — биотитовые гнейсы; 9 — контакты пегматитового тела; 10 — границы минеральных зон.

Рисунок 34 - Схема геологического строения пегматитовой жилы месторождения Луговка (по А. Г. Бушуеву и О. В. Казадаевой):

Мусковит может быть равномерно рассеян в пегматитах, а может концентрироваться в отдельных зонах. Состав пегматитов относительно прост: преобладают плагиоклазы, кварц, микроклин, мусковит, биотит. В некоторых районах наряду с мусковитом встречаются редкометальные минералы, в таком случае качество мусковита обычно ухудшается. Мусковитоносность и качество слюды в значительной степени зависит от состава вмещающих пород: наиболее благоприятными являются высокоглиноземистые метаморфические породы (дистеновые, дистен-гранатовые кристаллические сланцы и гнейсы).

Пегматитовые месторождения часто являются комплексными, попутно добываются керамическое сырье (полевой шпат), графический пегматит и кварц (месторождения Мамско-Чуйской и Карело-Кольской провинции в России, Бихар в Индии, где извлекается небольшое количество урана, Бразилии, Зимбабве и других стран). Мусковит-редкометальные месторождения являются объектом комплексной отработки, но качество и запасы мусковита в них низкое.



Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Карбонатитовые месторождения — основной источник флогопита:

месторождения характеризуются большими запасами, высокими содержаниями, но качество слюд более низкое по сравнению со скарновыми месторождениями.

Карбонатитоносные щелочно-ультраосновные комплексы приурочены к положительным структурным элементам платформ. Их положение контролируется глубинными разломами и узлами их пересечений. Возраст их – от протерозойского до кайнозойского. Внутреннее строение карбонатитоносных комплексов характеризуется отчетливой концентрической зональностью. Карбонатиты слагают штокообразные тела, дайки, сложные метасоматические тела, размещение которых также подчиняется общим концентрическим или радиальным структурным планам.

Флогопит возникает при воздействии щелочных растворов на магнезиальные породы, которое может происходить на разных стадиях формирования щелочно-ультраосновных комплексов, в связи с этим выделяется ряд генераций флогопита (рис. 35).

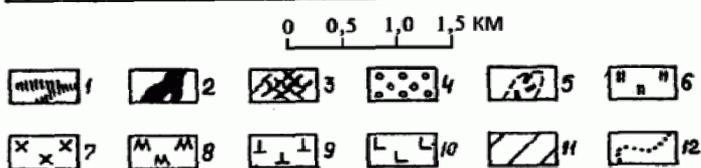
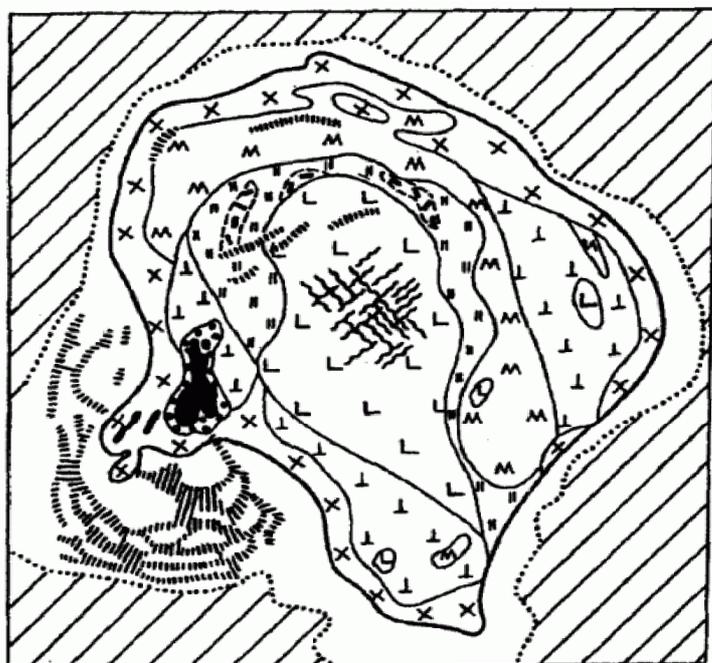
1. Флогопит-нефелин-пироксеновые породы. Флогопитоносные тела мелкие, но с очень высоким содержанием флогопита и крупными кристаллами.

2. Флогопит-пироксеновые породы. Рудные тела представлены крупными жилами и гнездами с магнетитом, апатитом, перовскитом.

3. Флогопит-диопсид-мелилитовые породы. Крупнейшие тела с большими запасами и высокими содержаниями флогопита, но при низком его качестве.

4. Форстерит-диопсид-флогопитовые породы с магнетитом и апатитом.

5. Пироксен-гранатовые жильные тела с флогопитом.



1 – кальцитовые карбонатиты; 2 – апатитовые и апатит-магнетитовые руды; 3 – форстерит-магнетитовые руды; 4 – апатит-форстеритовые руды; 5 – флогопитовые метасоматиты; 6 – флогопит-диопсид-форстеритовые породы; 7 – ийолиты, мельтейгиты; 8 – турьяиты, мелилититы; 9 – якупирангиты, пироксениты; 10 – оливиниты; 11 – гнейсы и гнейсо-граниты; 12 – ореол фенитизации.

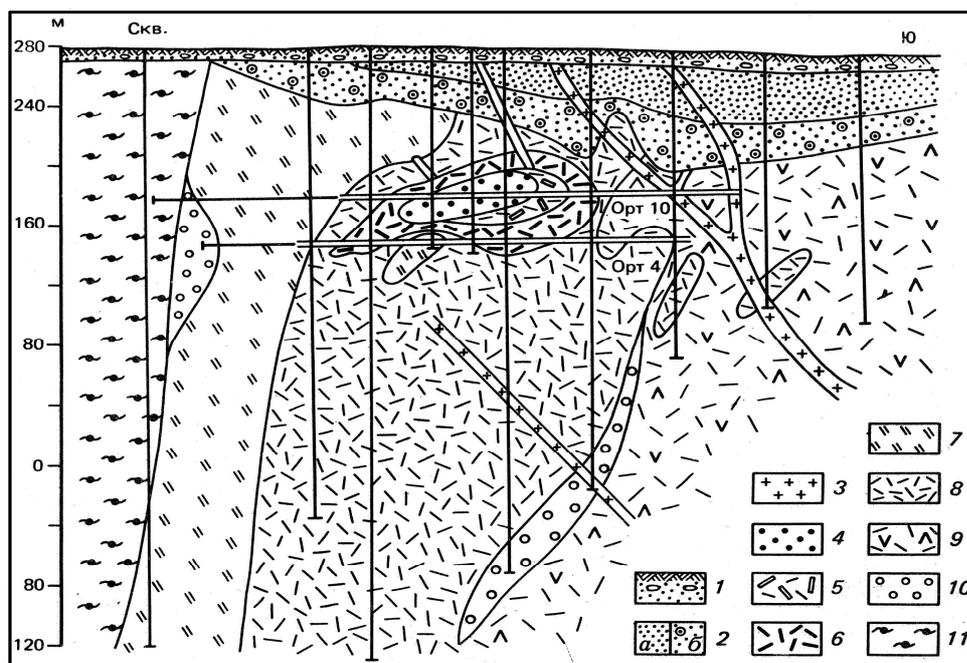
Рисунок 35 - Геологическая схема Ковдорского массива (по В.И. Терновому, Б.В. Афанасьеву, Б.И. Сулимову и др.).

Наиболее важные по масштабам и качеству сырья скопления флогопита

возникают до начала собственно карбонатитовых стадий процесса, после формирования щелочных пород, за счет метасоматического замещения флогопитом гигантозернистых разностей гипербазитов. Размещение флогопитоносных тел определяется двумя факторами: структурным (зоны повышенной проницаемости) и литологическим (сочетание магнезиальных и алюмосиликатных пород). Так, основное рудное тело приурочено к зоне трещиноватости на контакте гипербазитов и щелочных пород (рис. 36.). Выход забойного сырца 400-500 кг/м³, иногда 1000 кг/м³, а промышленного сырца 25-30 % по отношению к забойному сырцу.

Карбонатитовые месторождения являются комплексными: они характеризуются сочетанием металлических компонентов (Fe, Ti, Nb, Zr, TR) и неметаллических (флогопит, апатит, вермикулит, флюорит, карбонатные породы), но эти компоненты формируются на разных стадиях процесса. Однако чем больше стадий и чем они разнообразнее, тем хуже качество флогопита, так как сказывается влияние наложенных факторов.

В России изучено два района флогопитоносных карбонатитов: на севере Сибирской платформы (Гулинское месторождение, Одихинча и др.) и Карело-



1 — четвертичные отложения; 2 — кора выветривания слюдоносных пород (а — вермикулитовая, б — гидрофлогопитовая зоны); 3 — дайки полевошпатовых ийолитов; 4 — оливиновые породы с флогопитом, гигантозернистые; 5 — флогопит-оливиновые породы, гигантозернистые; 6 — флогопит-диопсидовые породы, гигантозернистые с оливином; 7 — флогопит-диопсид-оливиновые породы мелко-и среднезернистые; 8 — флогопит-диопсид-оливиновые породы крупнозернистые; 9 — флогопитизированные и диопсидизированные оливиниты; 10 — меллитовые породы; 11 — гранатовые скарны.

Рисунок 36 - Геологический разрез через Главную флогопитовую залежь Ковдорского месторождения (по Б.В. Афанасьеву и Б.И. Сулимову).

Кольский (Ковдор и др.). На Ковдорском месторождении помимо флогопита добывают вермикулит, магнетит, апатит и бадделлит.

Вермикулит образуется в результате гипергенной гидратации флогопита и биотита при формировании коры выветривания. М е т а м о р ф о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Метаморфогенные месторождения флогопита в скарнах и скарноподобных породах известны только в докембрийских образованиях. Месторождения приурочены к метаморфическим магнезиальным породам (диопсидовые кристаллические сланцы, кальцифиры, мраморизованные доломиты и др.), переслаивающимся с гнейсами и прорванными гранитоидными интрузиями. Породы метаморфизованы в условиях гранулитовой фации метаморфизма. Флогопитоносные тела образуются позднее, в условиях регрессивной амфиболитовой фации метаморфизма. Протяженность залежей десятки – первые сотни метров, мощность метры – десятки метров (месторождения Алданской – Куранах и др. и Памирской слюдоносных провинций). Подобные месторождения отличаются от карбонатитовых значительно меньшими запасами и сравнительно низкими содержаниями, но отчасти это компенсируется более высоким качеством флогопита.

Источниками мелкочешуйчатой слюды служат месторождения всех перечисленных типов, где она добывается попутно. Кроме того, мелкочешуйчатые слюды, широко распространенные как порообразующие минералы, могут быть получены и из других источников, в частности из слюдистых сланцев (месторождение Сирус Пайн, США).

Вермикулит образует пластовые, линзовидные, гнездо- и штокообразные залежи. Они залегают в коре выветривания массивов ультраосновных (пироксенитов) и ультраосновных-щелочных пород и развиваются за счет промышленной флогопитовой минерализации (месторождение Ковдор в России, Либби в США, в ЮАР и др.).

АСБЕСТ

Общие сведения

Свойства и области применения

Обзор ресурсов

Промышленные типы месторождений

Гидротермально-метаморфические месторождения хризотил-асбеста пространственно связаны с серпентинитами и метаморфизованными магнезиальными карбонатными породами. Наиболее крупные промышленные образования принадлежат к типу апоультрамафитовому, в составе которого по строению жил и их взаимному расположению выделяются три подтипа: баженковский, лабинский и карачаевский.

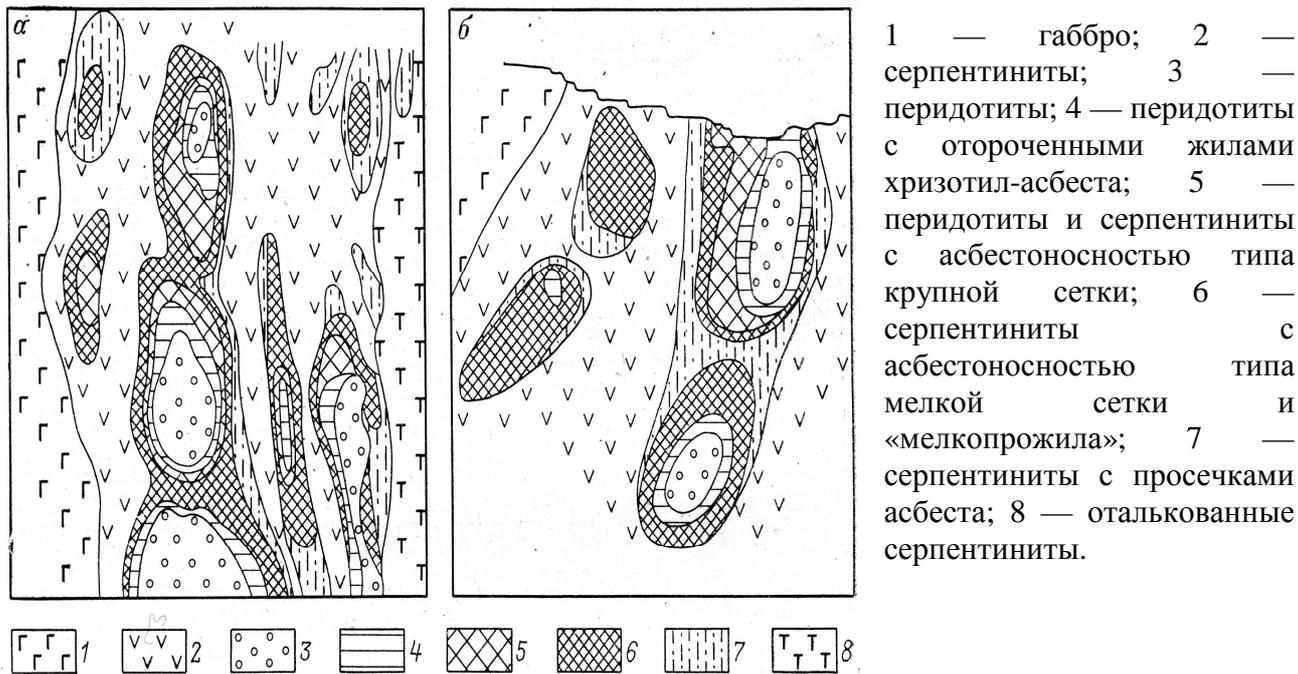
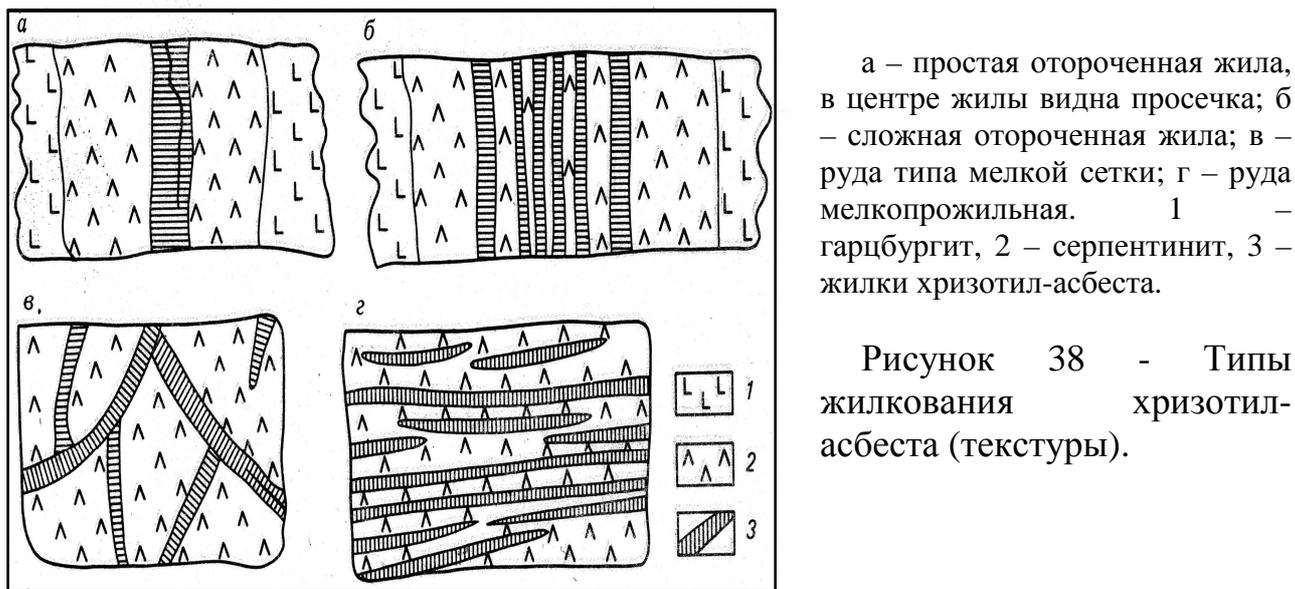


Рисунок 37 -Схематическая геологическая карта (а) и поперечный разрез (б) одного из участков Баженовского месторождения хризотил-асбеста. По В. Ф. Дыбкову и М. М. Трапезниковой.

Асбестоносные залежи месторождений баженовского подтипа представляют собой крупные (до 600 м) крутопадающие тела, вытянутые на значительные (до 4500 м) расстояния; они характеризуются концентрически-зональным строением, обусловленным различными типами асбестоносных просечек, мелких прожилков, простых и сложных отороченных жил (рис. 38.).



Простые отороченные жилы сложены чистым поперечно волокнистым асбестом. По обеим сторонам жил располагаются полосы (оторочки) массивного серпентинита, затем полосы серпентинизированного ультрамафита

и, наконец, они сменяются слабо серпентинизированным перидотитом или дунитом. Простые жилы содержат асбестовое волокно наибольшей длины (до 60 мм). Сложные отороченные жилы представлены сериями параллельных жилок асбеста, разделенных промежутками массивного серпентинита. Длина волокна здесь меньше, но общее содержание асбеста достигает 10 %. Зоны развития жил так называемой «крупной сетки» состоят из серии коротких, беспорядочно ориентированных жилок асбеста, в междужильных блоках сохранились небольшие участки гипербазитов. Далее к периферии залежей наблюдается «мелкая сетка» в нацело серпентинизированных участках основной породы. Среди серпентинитов кроме этого встречается асбестоносность типа «мелкопрожил», промышленного значения она не имеет.

Степень асбестоносности гипербазитов зависит от их петрографических особенностей, а также характера дорудной серпентинизации. Установлено, что максимально асбестоносны гарцбургиты, тогда как аподунитовые серпентиниты, как правило, не несут промышленного оруденения.

Образование хризотил-асбеста в серпентинизированных массивах ультрамафитов связано с гидротермальными растворами, природа которых является дискуссионной. По мнению одних исследователей, процессы серпентинизации и асбестообразования обусловлены воздействием гидротермальных растворов собственно ультраосновной магмы, т.е. автотермоморфическими. Другие полагают, что серпентинизация и сопровождающая ее хризотил-асбестовая минерализация являются продуктами более молодых гидротерм, источником которых являются гранитоидные интрузии, наложившиеся на уже частично серпентинизированные тела ультрамафитов.

К рассматриваемому подтипу относятся все крупные месторождения Урала (Баженовское, Киембаевское), известны в Казахстане (Джетыгаринское), многие месторождения Сибири (Молодежное, Саянское и др.), а также месторождения Канады (Джеффри, Клинтон-Крик и др.), Зимбабве (Шабани) и других стран.

Рудные тела лабинского подтипа представлены простыми или сложными жилами поперечно волокнистого асбеста, прослеживающимися на десятки и сотни метров по простиранию, мощностью от нескольких сантиметров до 3 – 4 метров. Волокно относится к высококачественным разновидностям, однако ввиду малой мощности на их долю приходится лишь около 1 % мировых запасов и 2 % мирового производства. Примером является Лабинское месторождение на Северном Кавказе.

Особенностью месторождений карачаевского подтипа является продольно волокнистое жилкование по плоскостям трещин скольжения в серпентинитах. Качество асбеста непостоянное, при этом преобладают низкие содержания. Представителем этого подтипа является Карачаевское месторождение (Северный Кавказ).

Скарновые месторождения. Контактново-метасоматические месторождения связаны с зонами серпентинизации в доломитовых известняках и доломитах. Они встречаются редко и по запасам невелики. Для них

характерны единичные жилы (Аспогашское месторождение в России, есть в США и Китае). Все месторождения локализованы в магнезиальных карбонатных породах близ контактов с основными или кислыми изверженными породами. Карбонатные породы близ контакта перекристаллизованы и содержат типичные минералы скарнов: форстерит, диопсид, тремолит, гранат и др. Асбест обычно поперечно-волокнистый, его достоинством является исключительно низкая железистость, что предопределяет его использование в электротехнической промышленности.

ГРАФИТ

Общие сведения. Свойства и области применения. Требования к качеству сырья. Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Магматические месторождения связаны с интрузивными и эффузивными породами – от кислых до щелочных и ультраосновных. Месторождения сформировались в результате магматической кристаллизации. Плотнокристаллический графит образует неравномерные скопления в штоках, гнездах, жилах, содержание его достигает 85 %. Реже – это скопления чешуйчатого графита. Известны небольшие месторождения, приуроченные к гранитам (Черемшанское и Миасское на Урале), габбро, базальтам (Германия).

Пегматитовые месторождения представлены неправильными жильными телами кварц-графитового состава в графитоносных вмещающих породах. Крупночешуйчатый графит развит в зальбандах жил. Содержание графита невысокое (3 – 5 %), руды вкрапленные. Промышленное значение незначительное. Месторождения известны в России, Бразилии, Индии и др.

Скарновые месторождения приурочены к зонам контактов глубинных изверженных пород с известняками. Графит ассоциирует с гранатами, диопсидом, волластонитом, скаполитом. Многочисленные (около 30) промышленные залежи массивного плотнокристаллического графита локализованы в северной части массива нефелиновых сиенитов, иногда приурочены к контакту с ксенолитами известняков. Руды массивные, иногда встречаются сфероидальные, радиально-лучистые, почковидные и древовидные агрегаты. Форма – неправильные гнезда, жилообразные тела протяженностью в сотни метров при мощности в десятки метров. Содержание графита от 10 до 20 %, в отдельных телах до 50 %. Примером является Ботогольское месторождение (Бурятия). Месторождение разрабатывается более 100 лет. Его богатые массивные руды полностью отработаны, оставшиеся бедные руды легко обогатимы и могут добываться открытым способом.

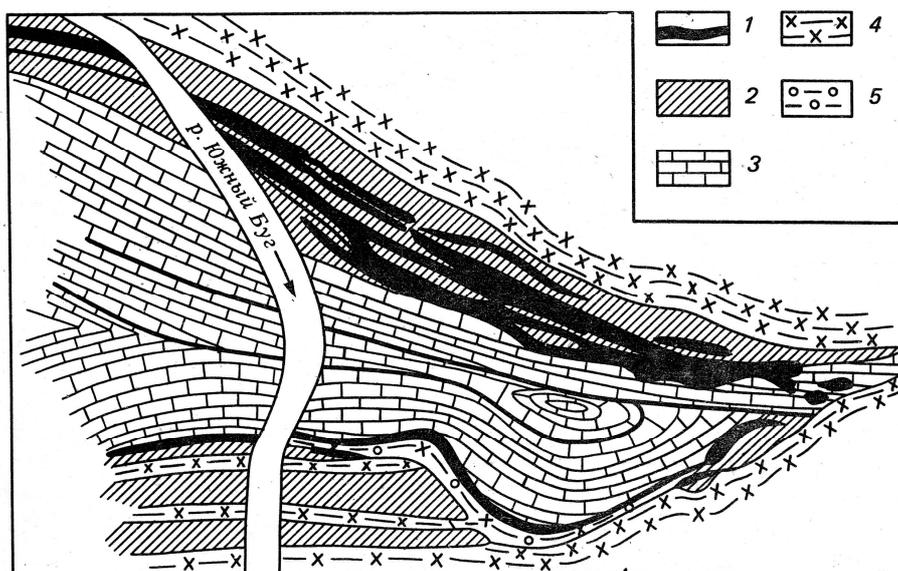
Гидротермальные месторождения формируются путем кристаллизации графита в тектонических трещинах из циркулировавших по ним высокотемпературных растворов, содержащих оксиды углерода. На месторождениях отмечаются линейные штокверковые зоны, образованные сериями секущих и согласных неправильных жил с раздувами и пережимами, часто ветвящихся. Мощность от нескольких сантиметров до метров, протяженность достигает сотен метров. Жилы часто зональные: у зальбандов

сложены крупночешуйчатым, а в центре – плотнокристаллическим графитом. Вмещающие породы представлены гнейсами и кристаллическими сланцами. Месторождения известны в Индии, Канаде, США, Великобритании, Южной Корее.

Метаморфогенные месторождения

Метаморфические месторождения являются основным промышленным типом месторождений графита. Они образовались за счет рассеянного или концентрированного (угли, горючие сланцы) углеродного вещества, подвергнутого региональному или контактово-термальному метаморфизму. Месторождения подразделяются на две формации: графитоносных гнейсов (чешуйчатый графит) и графитизированных углей (скрытокристаллический графит).

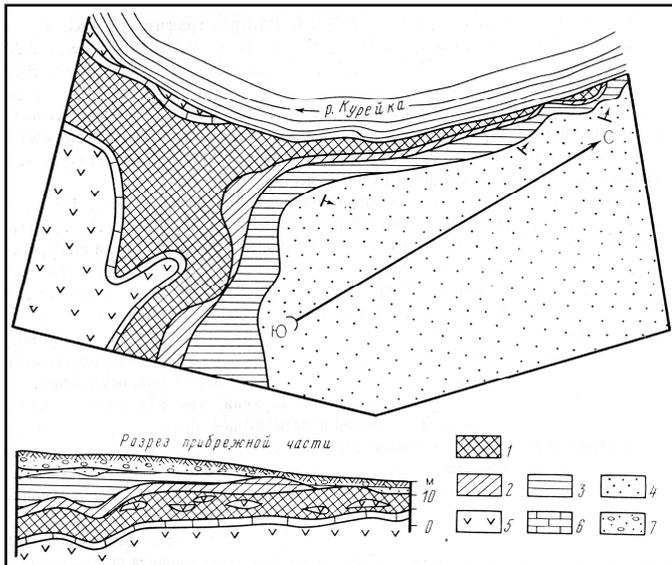
Метаморфические месторождения графитоносных гнейсов заключают основную часть высококачественных чешуйчатых графитовых руд. Они приурочены к докембрийским метаморфическим толщам: гнейсам, кварцитам и кристаллическим сланцам. Залежи графита представляют собой неправильные пласты и линзы вкрапленных руд с содержанием графита 2 – 30 %, редко до 60 %. Руды легкообогатимые. Месторождения характеризуются высоким качеством руд, концентрированностью запасов, возможностью открытой добычи. Типичным примером является Завальевское месторождение (рис. 39.).



1 - графитовые гнейсы;
2- гнейсы безрудные; 3 - кристаллические известняки; 4- граниты; 5 - мигматиты.

Рисунок 39 - Геологическая карта Завальевского месторождения (по А.Е. Иванищеву).

Метаморфические апокаменугольные месторождения служат главным источником скрытокристаллического графита. Они связаны с угленосными отложениями, прорванными телами магматических пород, вблизи которых пласты углей подвергаются контактово-термальному метаморфизму, вызывающему графитизацию углей. Графитовые руды сохраняют внешний вид углей, содержат включения неграфитенных угольных компонентов, отпечатков растений. Примером таких месторождений является крупнейшая в мире Тунгусская графитоносная провинция в России (месторождения Ногинское, Курейское и другие) (рис. 40.).



1 — графит; 2 — графитовые сланцы; 3 — кварцитовидные песчаники и сланцы; 4 — серые песчаники; 5 — траппы; 6 — мраморовидный кальцит; 7 — террасовые отложения.

Рисунок 40 - Геологическая карта Курейского месторождения графита (по материалам С. В. Обручева, В. П. Солоненко и др.):

МАГНЕЗИТ $Mg[CO_3]$

Общие сведения. Свойства и области применения. Обзор ресурсов.

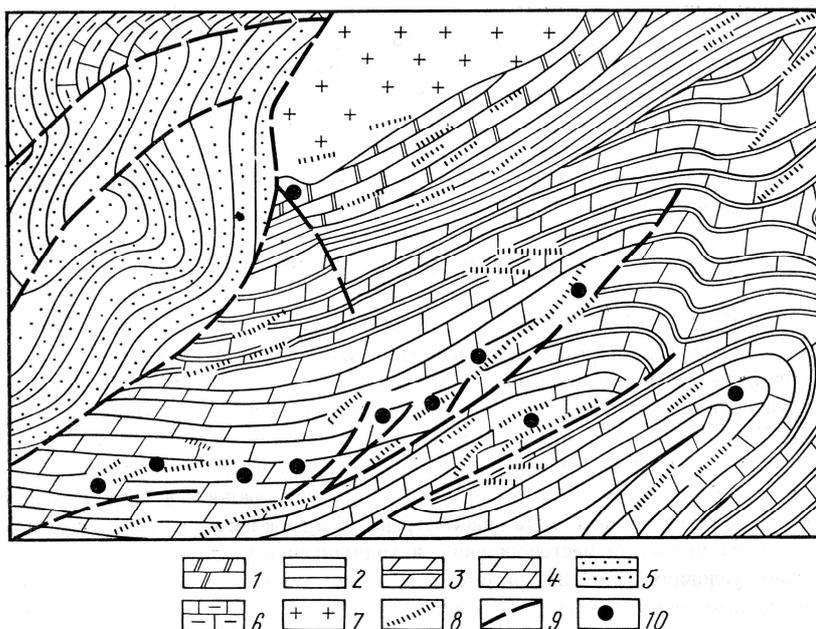
Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Промышленные месторождения магнезита пространственно и генетически тесно связаны с магнезиальными карбонатными и ультраосновными породами.

Гидротермальные (плутоногенные) среднетемпературные – это месторождения кристаллического магнезита, образуются на умеренных глубинах. Месторождения приурочены к мощным толщам карбонатных пород, содержащих пачки и пласты доломитов, известняков и глинистых сланцев (рис. 41.).

Породы слабо метаморфизованы. Месторождения вытягиваются цепочками на десятки километров, контролируются зонами тектонических нарушений. Многочисленные промышленные (преимущественно пластовые) залежи варьируют по своим размерам: длина по простиранию от 45 до 170 метров, средняя мощность от 13 до 30 метров. Рудные тела имеют линзовидную, гнездовую и пластообразную форму. Они залегают согласно с вмещающими доломитами, иногда содержат останцы доломитов. Рудные тела сложены (на 94 – 98 %) кристаллическим магнезитом белого, серого или голубовато-серого цвета. Текстуры руд разнообразны – грубо- и тонкополосчатые, радиально-лучистые, звездчатые. Кроме магнезита в рудах присутствуют доломит, кальцит, арагонит, кварц, опал.



1 - доломиты, доломитизированные известняки, глинистые сланцы верхнекусинской подсвиты; 2 - глинистые сланцы половинкинской подсвиты; 3 - доломиты глинистые, доломитовые мергели нижнесаткинской подсвиты; 4 — доломиты, известняки верхнесаткинской подсвиты; 5 — терригенные отложения зильмердакской свиты; 6 — известняки, мергели катавской свиты; 7 — граниты рапакиви; 8 — дайки диабазов; 9 — разрывные нарушения; 10 —

месторождения магнезита.

Рисунок 41 - Схема геологического строения рудного поля Саткинской группы месторождений магнезита (по материалам Бакальской ГРП):

Руды высокого качества: содержание оксида магния до 46,6 % при небольшом количестве вредных примесей. Генезис этих месторождений спорный. Существует представление об осадочном генезисе. Большинство исследователей рассматривает образование магнезитовых залежей в результате метасоматического замещения доломитов магнезией при воздействии гидротермальных растворов, проникавших в толщу доломитов по разрывным нарушениям и привносивших магний из глубинного источника, а источниками растворов являлись гранитоидные интрузии.

Месторождения рассматриваемого типа имеют большое промышленное значение. Наиболее известны месторождения на Южном Урале (Саткинская группа), Енисейском кряже (Удере́йская группа), Ляонин в Китае и др.

Гидротермально-метаморфические месторождения. Известны месторождения, также приуроченные к толщам карбонатных магнезиальных пород, но более метаморфизованных, представленных доломитовыми мраморами, залегающими среди гнейсов, кристаллических сланцев и амфиболитов. Они характеризуются более сложной тектонической структурой, тесной связью с гранитоидными интрузиями, обилием даек. Строение рудных тел сложное, часто зональное. Центральная часть рудных тел сложена высококачественным магнезитом, в составе рудных тел тальк, хлорит, серпентин, хризотил-асбест. Количество этих минералов увеличивается при содержании пропластков силикатных пород.

Большинство геологов месторождения тальк-магнезитового типа относят к гидротермально-метаморфическим. Примеры месторождений: Савинское на Восточном Саяне, месторождения Кореи, Индии.

Экзогенные месторождения

Месторождения коры выветривания (инфильтрационные) связаны с корами выветривания на массивах ультрамафитов (серпентинитов). При химическом выветривании серпентинитов под действием углекислых вод при разложении силикатов образуется бикарбонат магния, который перемещается в нижние горизонты коры, где отлагается в трещинах, полостях в форме аморфного магнезита в парагенезисе с опалом, халцедоном и кварцем.

Подобные месторождения известны на восточном склоне Урала (Халилово).

Помимо площадных кор есть линейные жильные, приуроченные к крутопадающим тектоническим трещинам в ультрамафитах. С глубиной жилы выклиниваются в неизменных ультрамафитах. В России подобных месторождений нет. Они эксплуатируются в Греции и Югославии. На долю этих месторождений приходится 15 % мировых запасов.

Осадочные месторождения имеют небольшие масштабы, встречаются редко, относятся к континентально-озерным образованиям. Однако в последнее десятилетие за рубежом в терригенных породах были выявлены крупные скопления аморфного магнезита на Кубе и в Австралии; в перспективе роль месторождений этого типа будет возрастать.

ФЛЮОРИТ CaF

Области применения. Требования к качеству сырья. Обзор ресурсов Промышленные типы месторождений

Э н д о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Пегматитовые месторождения имеют исключительное значение в добыче только оптического флюорита, являются редким типом и характеризуются небольшими запасами. Они формируются на относительно небольших глубинах 2 – 3 км, связаны с двуслюдяными или мусковитовыми гранитами. Вмещающие породы – граниты или метаморфизованные осадочные породы. По форме – это неправильные, изометричные и трубообразные тела. Характерно наличие миароловых пустот, которые содержат кристаллы флюорита, мориона, раухтопаза, возможно их попутное получение. Месторождения известны в Казахстане.

Карбонатитовые (флюорит-редкоземельные) месторождения только начинают осваиваться, хотя перспективы их весьма велики. Размещаются они, как и все карбонатитовые месторождения, на щитах, древних платформах и в областях завершённой складчатости. Рудные тела представлены трубообразными и линзообразными залежами. Флюорит не является типоморфным минералом в карбонатитах, но иногда образует крупные скопления. Основная масса флюорита образуется на поздних стадиях метасоматических процессов и поэтому приурочена к доломит-анкеритовым карбонатитам, несущим редкоземельную минерализацию. Руды комплексные, в которых основными компонентами являются редкие земли, флюорит же является побочным продуктом и часто содержит примеси радиоактивных элементов.

Грейзеновые и скарново-грейзеновые редкометалло-флюоритовые

месторождения тесно и генетически и пространственно связаны с многофазными интрузиями гранитоидов, иногда повышенной щелочности. Образование месторождений происходит в обстановке высоких температур и умеренных глубин в непосредственной близости от куполовидных выступов гранитных интрузий. Руды комплексные: олова, вольфрама, бериллия. Практически интересные скопления флюорита возникают при наличии в окружающих породах карбонатных толщ. Содержание флюорита достигает 80 %. Примером является Вознесенское месторождение в Приморье (рис. 42.).

Последними исследованиями доказывается, что формирование редкометально-флюоритовых месторождений Вознесенского рудного поля было многоэтапным и многостадийным с преобладанием метасоматических процессов. Отложение флюорита происходило на всех этапах (альбититовом, грейзеновом и гидротермальном).

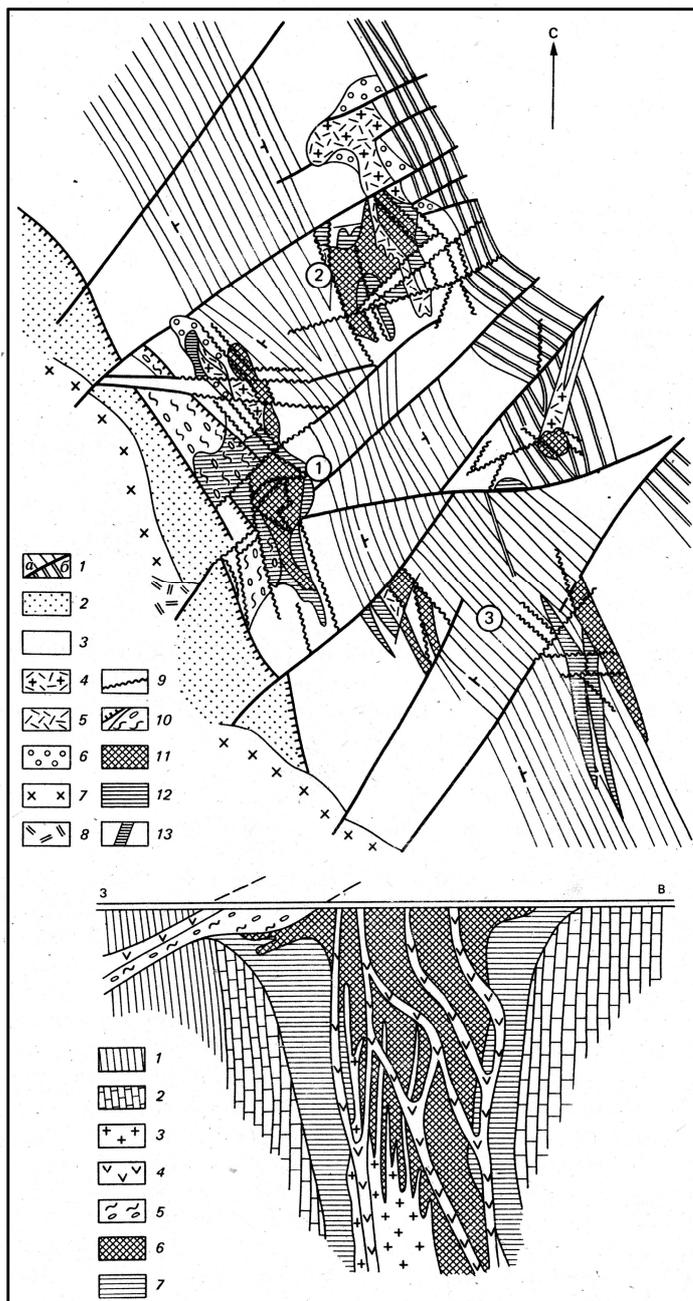
Гидротермальные месторождения в настоящее время имеют основное промышленное значение, они чрезвычайно разнообразны. Среди плутоногенно-гидротермальных выделяется несколько типов.

Флюоритовые месторождения связаны с редкометальными гранитоидами, размещаются в осадочных породах: в карбонатных породах могут возникать метасоматические залежи, в инертных породах – жильные тела. Запасы руд значительные, но встречаются редко. Состав руд простой: флюоритовые, карбонатно-флюоритовые. Месторождения известны в Забайкалье.

Флюорит-полиметаллические месторождения связаны с малыми интрузиями или вулканогенно-интрузивными комплексами, образуются при средних температурах и умеренных глубинах. Рудные тела чаще всего жильные или жилообразные. Околорудные изменения – березитизация, серицитизация, окремнение. Основные минералы – флюорит, барит, сульфиды в переменных количествах. Месторождения известны в Средней Азии, Казахстане, Германии, США.

Флюорит-берtrandитовые и флюорит-редкоземельные месторождения связаны с интрузиями сиенитов и монзонитов. Комплексные руды этих месторождений образуют сложные метасоматические залежи в карбонатных породах. Флюорит является второстепенным компонентом, хотя содержание его высокое (до 60 %). Кроме флюорита и берtrandита в рудах присутствуют в небольших количествах кальцит, кварц, сульфиды. В редкоземельных месторождениях наблюдается ассоциация флюорита и фторкарбонатов редких земель. Месторождения известны в России и США, но значение их невелико.

Вулканогенно-гидротермальные низкотемпературные месторождения образуются на малых глубинах в районах развития наземного вулканизма. Они типичны для областей проявления тектоно-магматической активизации в областях завершённой складчатости, а также на платформах, щитах. Месторождения представлены сериями жил или минерализованных зон дробления. Формирование флюоритовых месторождений продолжается после затухания активной вулканической деятельности, оно связано с длительно существующими глубинными магматическими очагами.



1 — сланцы; а — филлитовидные, б — графитистые; 2 — алевролиты; 3 — известняки; 4 — грейзенизированные граниты; 5 — грейзены; 6 — скарны; 7 — диориты; 8 — кварцевые порфиры; 9 — порфириты; 10 — тектонические нарушения; 11 — флюоритовые руды; 12 — флюоритизированные известняки; 13 — цинковые руды. Цифры в кружках — месторождения: 1 — Вознесенское, 2 — Пограничное, 3 — Лагерное.

Внизу: поперечный разрез Главного рудного тела Вознесенского месторождения (по Э.И. Шкурко):

1 — сланцы; 2 — известняки; 3 — граниты; 4 — порфириты; 5 — зоны дробления и милонитизации; 6 — флюоритовые руды; 7 — флюоритизированные известняки.

Рисунок 42 - Вверху: Вознесенское рудное поле в плане (схематическое строение) (по М.Д. Рязанцевой):

Вертикальный размах оруденения не превышает первых сотен метров. Для флюоритовых руд характерны полосчатые, крустификационные, зональные текстуры. Месторождения этого типа парагенетически связаны с проявлениями базальтового или липарит-базальтового вулканизма. В этих породах устанавливаются повышенные содержания фтора.

Состав руд простой: флюорит резко преобладает, слагая почти мономинеральные руды; в ряде случаев он сопровождается кварцем и кальцитом, иногда присутствуют барит, марказит, пирит. Вмещающие породы подвергаются аргиллизации. Рудные тела имеют протяженность от сотен метров до первых километров и мощность до нескольких метров.

В России месторождения этого типа распространены в Западном и Восточном Забайкалье (Калангуйское и др.), за рубежом в Мексике, США.

Крупнейшие месторождения этого типа известны в Монголии (Восточно-

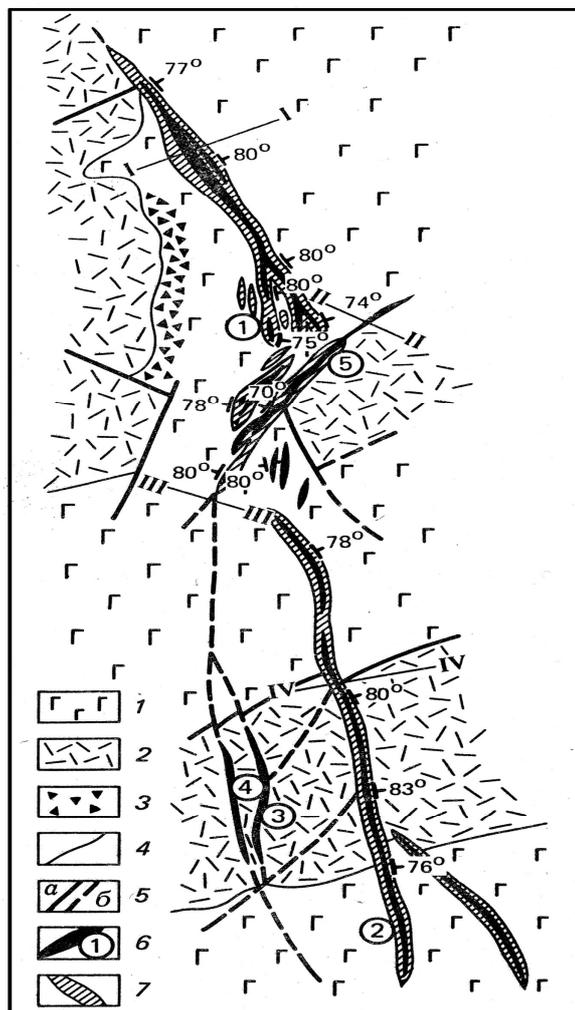
Монгольский флюоритовый пояс, месторождение Дзун-Цаган-Дель –рис. 43. и др.). Месторождения находятся среди пород дифференцированной базальт-андезит-липаритовой формации. Чрезвычайно характерно широкое развитие локальных вулcano-тектонических структур: вулканических аппаратов центрального типа, кальдер, кольцевых и радиальных трещин и др. Рудные тела представлены жилами, реже метасоматическими залежами в карбонатных породах. По составу – это кварц-флюоритовые образования, в которых кроме кварца и флюорита присутствуют адуляр, карбонаты, барит, пирит. Текстуры чаще всего массивные, полосчатые и брекчиевые, иногда кокардовые, друзовые и др. В массивных рудах содержание флюорита превышает 65 %. Отчетливо проявлены околорудные изменения – окварцевание, аргиллизация, каолинизация. Как установлено монгольскими и российскими геологами, флюоритовая минерализация в Восточной Монголии связана с породами дифференцированной вулcano-плутонической ассоциации щелочно-базальтовой магмы, обогащенной фтором. Отложение кварц-флюоритовых руд происходило на глубине 600 – 800 м от поверхности из гидротермальных растворов, температура которых не превышала 180°С.

Стратиформные гидротермальные месторождения имеют пластовую, линзовидную или седловидную форму, залегают согласно с вмещающими стратифицированными толщами пород. Связь этих месторождений с магматизмом гипотетична. Флюорит ассоциирует с опалом, халцедоном, каолинитом, пиритом и марказитом, появляются сульфиды ртути и сурьмы, иногда в минеральном составе возрастает роль барита. Для месторождений свойственно наличие перекрывающих залежей литологических экранов.

Месторождения известны в Казахстане, Средней Азии, в России – Степное в Забайкалье, Таборник в Прибайкалье, за рубежом – многочисленные месторождения Мексики, США, Франции и других стран.

1—3 верхнеюрско-нижнемеловые вулканисты: 1 — базальты, 2 — риолиты, 3 — зона лавобрекчий кислого состава; 4 — линии контактов; 5 — разломы: установленные (а) и предполагаемые (б); 6 — рудные (кварц-флюоритовые) тела; 7 — зоны окварцевания.

Рисунок 43 - Геологическая карта месторождения флюорита Дзун-Цаган-Дель (по Д.И. Фрих-Хар и др.).



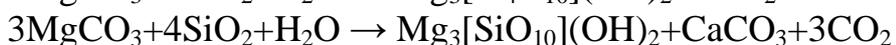
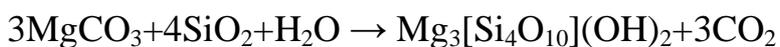
ТАЛЬК $Mg_3(OH)_2[SiO_4]$ И ТАЛЬКОВЫЙ КАМЕНЬ

Общие сведения. Свойства и области применения. Требования к качеству руд. Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений

Одним из важнейших условий образования месторождений талька является наличие магнезиальных пород, поэтому месторождения талька и талькового камня пространственно и генетически связаны с ультрамафитами и продуктами их метаморфизма, а также с магнезиальными карбонатными породами.

Гидротермально-метасоматические месторождения талька и талькового камня. Среди многочисленных месторождений этого типа выделяются месторождения, связанные с ультрамафитами (апоультрамафитовые) и карбонатными магнезиальными породами (апокарбонатные). К первому типу относятся месторождения талькового камня и талька, ко второму – большинство месторождений талька.

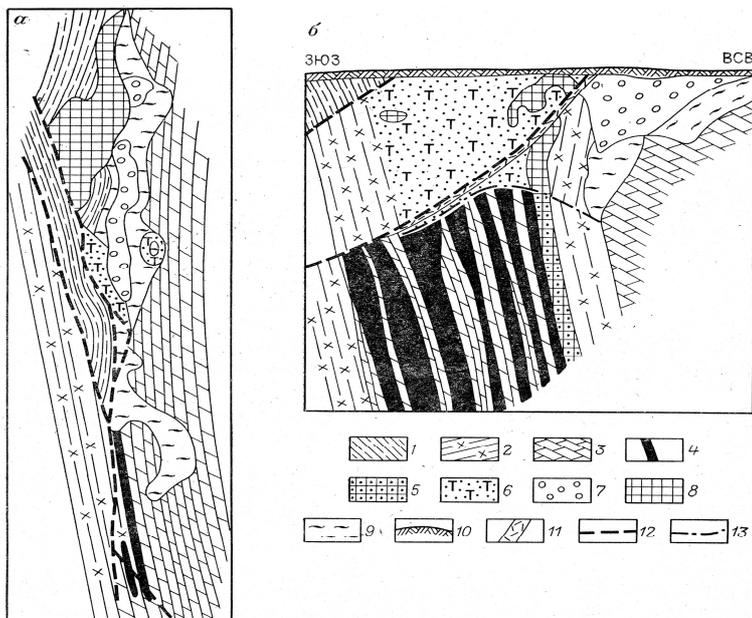
Апокарбонатные месторождения (Онотское, Киргитейское, Светлый Ключ, Алгуйское и другие в России, месторождения США, Канады, Франции, Италии, Бразилии и Индии) приурочены к магнезитам, доломитам и другим магнезиальным карбонатным породам протерозоя и палеозоя. Образование талька за счет магнезита при привносе постмагматическими растворами кремнезема происходит по следующей схеме, по представлению И.Ф.Романовича:



Апоультрамафитовые месторождения (Сысертское, Сыростанское, Шабровское и другие месторождения Миасской провинции на Урале, месторождения Карелии, Южной Осетии, Финляндии, США и др.) связаны с переработкой серпентинизированных ультрамафитов углекислыми либо кремнекислыми растворами (И.Ф.Романович).

Дискусионен вопрос об источнике растворов, вызывающих оталькование. Большинство исследователей считают таким источником кислую магму. Об этом свидетельствует наличие во многих тальконосных провинциях гранитоидных массивов или их присутствие по ряду признаков на небольших глубинах. Ведущую роль в локализации тальковых месторождений играет разрывная тектоника.

Залежи талька и талькового камня имеют, как правило, форму жил и линз. Размеры их значительны: протяженность залежей талькитов до 800 м, а талькового камня до 4 км, мощности достигают соответственно 50 и 250 м (рис. 44.).



1 — глинистые сланцы; 2 — хлоритовые сланцы; 3 — доломиты; 4 — плотные талькиты; 5 — кварциты; 6 — элювиальные порошокватые талькиты; 7 — бокситы; 8 — маршаллиты; 9 — глины; 10 — делювиальные глины; 11 — брекчированные породы; 12 — тектонические нарушения; 13 — нижняя граница коры выветривания.

Рисунок 44 - Схематическая геологическая карта (а) и вертикальный разрез (б)

Киргитейского месторождения. По А. В. Кириченко.

В составе руд в тальковых залежах кроме хлорита и магнезита присутствуют амфиболы, турмалин, биотит, тремолит, хризотил-асбест.

Экзогенные месторождения

Остаточные месторождения представлены рудами, образующимися в зоне выветривания как апоультрамафитовых, так и апокарбонатных месторождений. Мощность элювиальных скоплений талька может достигать 150 м (Киргитейское месторождение). Руды, образующиеся при выветривании апокарбонатных месторождений (Алгуйское, Киргитейское), порошокватые, отличаются исключительной чистотой: не содержат оксиды железа, алюминия и кальция. При выветривании ультраосновных пород образуются низкокачественные железистые порошокватые талькиты.

Метаморфогенные месторождения

Месторождения этого типа возникают при региональном метаморфизме от зеленосланцевой до амфиболитовой фации. Образование талька и талькового камня при региональном метаморфизме ультрамафитов происходит без привноса вещества или с привносом только углекислоты. Оталькование магнезиальных карбонатных пород происходит после предварительного формирования по ним диопсидовых или тремолитовых пород. В отдельных случаях залежи талькитов возникают по силикатным породам — глинистым сланцам и метасоматическим кварцитам.

Метаморфогенные залежи имеют форму пластообразных тел, линз и жил, их размеры могут быть значительными, особенно на месторождениях талькового камня: до 4 км в длину при мощности 40 — 70 м.

Примером является Шабровское месторождение на Урале.

БАРИТ и ВИТЕРИТ

Общие сведения. Области применения. Требования к качеству сырья

Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

Гидротермальные (плутоногенные) месторождения собственно баритовые, витерит-баритовые и барит-флюоритовые – весьма важный тип месторождений для барита и единственный для витерита. Он характеризуется высоким качеством руд. По форме рудных тел различают жильные и пластообразные метасоматические залежи. Жилы и линзы контролируются зонами разрывных нарушений, имеют протяженность до 2 км и мощность до 15 м. Вмещающие породы преимущественно осадочные и эффузивно-осадочные. А пластообразные месторождения приурочены к карбонатным породам и располагаются в зонах надвигов и межпластовых разломов. Размеры рудных тел аналогичны жильным.

По минеральному составу выделяют три разновидности руд: баритовые (50 – 99 % $BaSO_4$), витерит-баритовые (1 – 70 % $BaSO_4$), барит-флюоритовые (п 1 – 70 % барита и 15 – 80 % флюорита). Из других минералов наиболее распространены кварц и кальцит, менее галенит, сфалерит, пирит и др. Руды первых двух разновидностей высококачественные, обычно белого цвета, хорошо обогащаются и дают кусковой барит и гравитационный концентрат. Для месторождений характерна зональность. Витерит отмечается в самых верхах рудных тел, замещая барит. С глубиной увеличивается содержание флюорита, кварца, кальцита, сульфидов. Вмещающие породы изменены, наблюдаются процессы хлоритизации, серицитизации, пиритизации, каолинизации, цеолитизации. Примером является Чордское жильное месторождение (Южная Осетия), Кутаисская группа в Грузии, ряд месторождений Германии, Болгарии, Турции, Марокко и других стран. В России к этому типу относится месторождение Туманный перевал на Дальнем Востоке.

Гидротермальные (вулканогенные) месторождения связаны с наземным андезит-дацитовым вулканизмом. Барит является жильным минералом и выделяется в околорудных измененных породах (зоны баритизации). К этому типу относится Белореченское месторождение (Сев. Кавказ).

Стратиформные месторождения в карбонатных породах служат основным источником попутной добычи флотационных концентратов в России. Руды комплексные барит-свинцово-цинковые, иногда встречаются и собственно баритовые руды. Примером являются месторождения: Сардана (Якутия), хребта Каратау (Казахстан), бассейна р. Миссури (США), крупнейшие месторождения Китая, Индии и др. Месторождения характеризуются значительными масштабами, простой морфологией рудных тел, достаточно высоким содержанием барита.

Колчеданные месторождения широко распространены, связаны с субмаринным базальт-липаритовым вулканизмом. Барит в них является жильным минералом и извлекается попутно. Это месторождения Урала (Гайское, Молодежное), Рудного Алтая (Сокольное, Зыряновское, Белоусовское), Салаирская группа.

Экзогенные месторождения

Зона окисления месторождений. Барит – устойчивый минерал и может накапливаться в элювии месторождений, сложенным глиноподобной массой,

содержащей обломки баритовых руд, мелкие кристаллы барита, гидроксиды железа. Примером являются элювиальные залежи на стратиформных месторождениях бассейна р. Миссури (45 % запасов барита США), Медведевское месторождение (Урал). Содержание барита 12 -20 %.

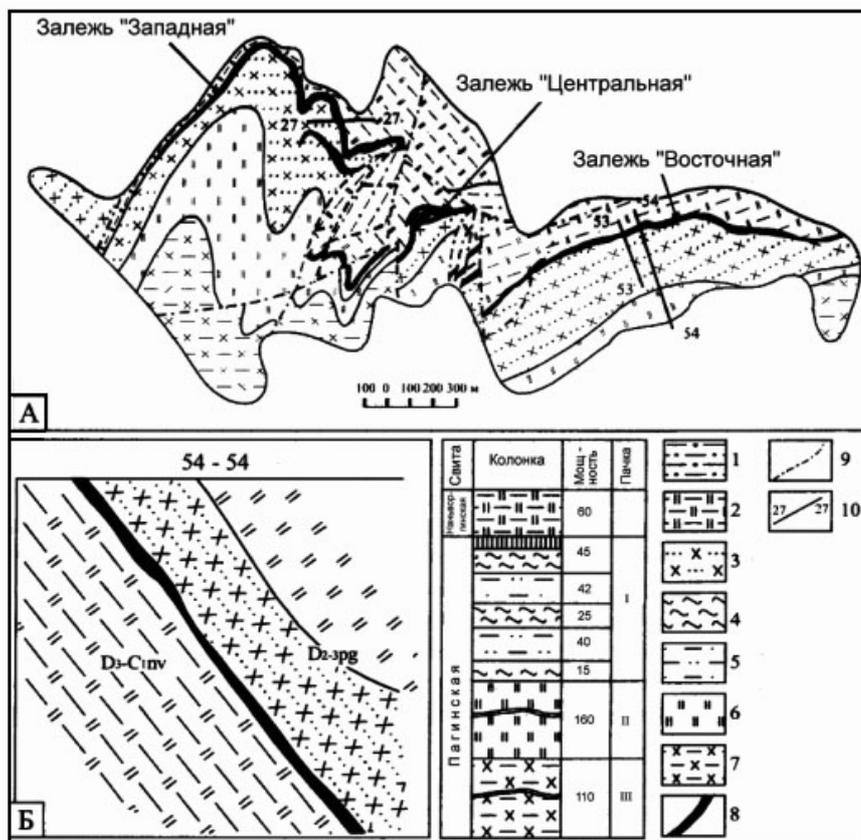
Осадочные (хемогенные) месторождения достаточно широко распространены и представлены крупными пластовыми залежами собственно баритовых и реже сульфидно-баритовых руд, приуроченных к прибрежно-морским отложениям углисто-глинисто-кремнисто-сланцевой формации (рис. 19.). На месторождениях обычно устанавливается несколько пластов, мощность их варьирует от долей до нескольких метров, а протяженность измеряется километрами. Руды – массивные, конкреционные и вкрапленные. Содержание барита в массивных рудах до 90 %, а вкрапленных до 20 %. В баритовых пластах отмечается повышенная битуминозность, обуславливающая черную окраску, присутствуют примеси V, Sr, P и сульфидов (преимущественно пирит).

Образование месторождений связано с привнесением растворенных солей бария в мелководные морские бассейны, где за счет окисления биогенного сероводорода возникали повышенные концентрации сульфат-иона, вызывающие осаждение массивных баритовых руд. Конкреционные и вкрапленные руды возникали на стадиях лито- и диагенеза кремнисто-глинистых осадков, представлявших собой отрицательные коллоиды, способные сорбировать растворенный в воде барий. Примером месторождений этого типа является крупное Хойленское месторождение (Полярный Урал), месторождения Казахстана, Германии.

Особое место занимают вулканогенно-осадочные залежи, сформировавшиеся на или близ поверхности морского дна при осаждении здесь барита в результате смешивания восходящих барийсодержащих гидротермальных растворов с морской водой, обогащенной сульфат-ионом (месторождения Японии).

Техногенные месторождения барита представляют собой отвалы обогатительных фабрик – тонкоизмельченные продукты переработки комплексных колчеданных и полиметаллических руд. Такие отвалы с промышленным содержанием барита известны на месторождениях Салаирской группы (Россия), в США, Канаде.

Вторым техногенным источником барита являются продукты регенерации отработанных глинистых буровых растворов.



1 – терригенные отложения граувакковой формации (яйюсская свита C_{1-2jj}); 2 – отложения перекрывающей (надрудной) известняково-глинисто-кремнисто-сланцевой (пестросланцевой) формации (няньворгинская свита D_3-C_{1nv}); 3 – 7 – отложения рудоносной кремнисто-кварцито-сланцевой формации (пагинская свита D_{2-3pg}): 3 – 5 – верхняя терригенная пачка (I): 3 – нерасчлененная, 4 – глинистые, алевроглинистые сланцы, 5 – алевролиты и песчаники кварцевые, кварцитовидные; 6 – средняя кремнисто-сланцевая пачка (II); 7 – нижняя терригенная пачка (III); 8 – рудные залежи; 9 – тектонические нарушения; 10 – разведочные профили.

Рисунок 45 - Схема геологического строения Хойлинского месторождения: А - план, Б – разрез (по Н.В. Лютикову).

Лекция 7 (4 часа). Месторождения химического и агрономического сырья. Минеральные соли

Общие сведения. Свойства и области применения. Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений

Месторождения твердых солей являются осадочными, возникшими из истинных растворов в особых солеродных бассейнах с ограниченным доступом минерализованных вод в аридных климатических условиях.

По способу и времени отложения различают месторождения современные внутриконтинентальные озерные и прибрежно-морские, ископаемые (древние), рассолов и соляных источников.

Соляная масса современных месторождений состоит из соляного рассола (рапа) и твердых соляных отложений (самосад). По фазовому состоянию солей в бассейнах различают рапные, сухие и подпесочные озера. По объекту

разработки – поверхностная и донная рапа, донные осадки: новосадка, старосадка, корневая соль. Поверхностная рапа перекрывает донные осадки, а донная – пропитывает их. Объем, концентрация и солевой состав поверхностной рапы подвержены значительным сезонным колебаниям. Донная рапа в большей степени насыщена солями, характеризуясь относительным постоянством концентрации и температуры, она заполняет поры и пустоты в пластах солей и пропитывает илы. В составе донных соляных отложений выделяют новосадку, старосадку и корневую соль. Новосадка осаждается из поверхностной рапы в течение года, она может перейти обратно в раствор. Часть новосадки, остающаяся нерастворенной в течение ряда лет, переходит в старосадку. Перекристаллизация старосадки или прямое образование из рапы кристаллического агрегата формируют корневую соль. В рапных озерах поверхностная рапа (рассол) сохраняется в течение всего года, а в сухих – лишь во влажный период; в подпесочных озерах поверхностная рапа отсутствует вообще; соляные отложения в них перекрыты песчаными наносами. По составу солей и рапы выделяются содовый (карбонатный), сульфатный и хлоридный типы бассейнов.

Обобщенная схема порядка солеосаждения следующая: карбонаты Ca и Mg, сульфаты Ca, галит, калиевые и магниевые соли. В природных условиях эта последовательность претерпевает значительные изменения, что обусловлено сложной динамикой физико-химических и гидродинамических условий солеобразования. Воды поверхностного стока, привнос большого количества терригенного песчано-глинистого материала, температурный режим, сезонные и вековые изменения климата влияют на очередность выпадения солей.

Галит является наиболее распространенным минералом всех галогенных формаций. Им сложены мощные залежи на месторождениях каменной соли и подстилающие на калийных месторождениях.

Осадочные (современные) месторождения солей связаны с внутриконтинентальными бессточными впадинами – соляными озерами и прибрежно-морскими бассейнами – лагунами и лиманами, выполненными рапой. По химическому составу рапы и минеральному составу осадков среди современных месторождений выделяют хлоридные (преобладает галит), сульфатные (мирабилит, тенардит, эпсомит) и карбонатные (натрон).

Месторождения соляных озер возникают при превышении испарения над атмосферными осадками и при привносе в озера солей поверхностными и подземными водами. Источником солей являются продукты выветривания щелочных пород, вулканические эксгальции и соленосные породы галогенных формаций.

Соляные озера хлоридного типа распространены в южных районах европейской части России – Эльтон и Баскунчак, хлоридного и сульфатного типов – в Казахстане, в Кулундинской степи; карбонатного типа – оз. Серлз в США и др.

Осадочные (прибрежно-морские) месторождения представлены лиманами, лагунами и заливами. Они формируются в условиях затрудненного

притока морских вод (узкие проливы, пересыпи и валы-бары, отделяющие их от моря) и испарения при устойчивом жарком и сухом климате.

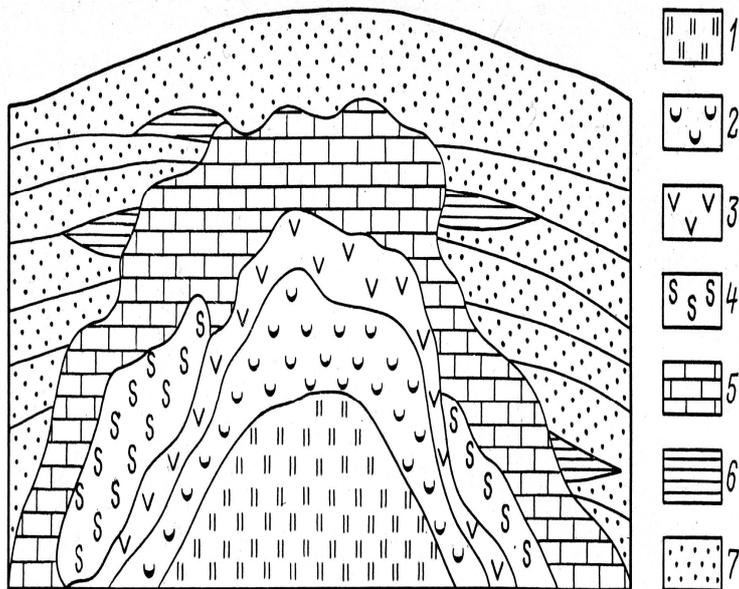
Месторождения прибрежно-морского типа распространены вдоль побережья Черного, Каспийского и Аральского морей. Наиболее характерным примером является залив Кара-Богаз-Гол, а также оз. Сиваш на побережье Азовского моря.

Осадочные ископаемые (древние) месторождения солей. Древние солеродные бассейны были преимущественно мелководными. Время формирования соляной толщи измеряется тысячами и десятками тысяч лет. На начальных стадиях галогенеза образовывались доломит-гипс-ангидритовые породы, затем преимущественно каменная соль и завершается процесс формированием калийно-магнезиальных солей. Калийные соли имеют ограниченное распространение в галогенных формациях, так как выпадают при концентрации рапы от 32 до 40 %. Такие концентрации возникают на заключительных стадиях выпаривания морских рассолов и поэтому калийные соли завершают разрез галогенной формации. После отложения в осадок соли претерпевали диагенетическую перекристаллизацию, в ходе которой могли происходить локальные новообразования.

Ископаемые соляные залежи сложены главным образом (в порядке убывания распространенности) ангидритом и гипсом, каменной солью, калийными и калийно-магниевыми солями (чаще сильвинитом и карналлитом), сульфатами натрия (обычно тенардитом и мирабилитом), боратами.

Ископаемые месторождения каменной соли. По условиям залегания соляных пород выделяют три основных типа месторождений: 1) пластовые со спокойным залеганием пластов; 2) пластовые дислоцированные складчатые; 3) солянокупольные. Для месторождений первых двух типов характерно слоистое внутреннее строение, пластовая и линзовидная форма залежей. В связи с высокой пластичностью солей часто возникают складки течения, иногда наблюдаются раздувы. Примером является Славяно-Артемовское месторождение на Украине.

В солянокупольных месторождениях соляные купола слагают ядра округлых или вытянутых брахиантиклиналей. Мощность соли в ядре купола достигает нескольких километров. Соляные массивы (купола или штоки) имеют форму цилиндрических или округлых грибообразных тел (месторождение Илецкое в Оренбургской области). Площадь соляных куполов составляет десятки квадратных километров. Вокруг соляных куполов распространены кольцеобразные компенсационные впадины. Перекрывающие гипс-ангидритовые и карбонатные породы при выщелачивании верхних слоев соляного ядра обрушаются, образуя шляпу соляного купола – кепрок (рис. 46.).



1 — соляной шток; 2 - 5 — зоны кепрока (2 — ангидритовая, 3 — гипсовая, 4 — кальцитовая сероносная, 5 — кальцитовая); 6 — нефть; 7 — осадочные породы, дислоцированные при образовании соляного купола.

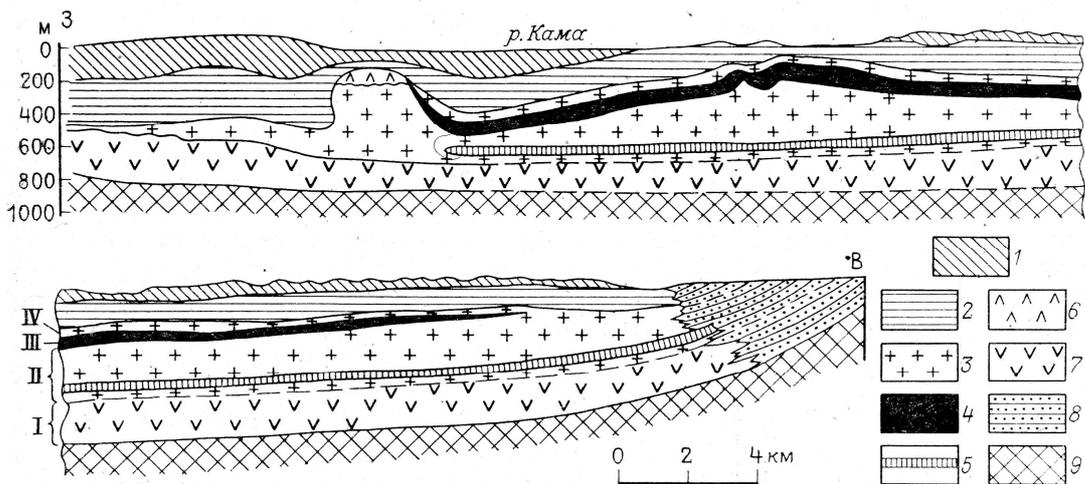
Рисунок 46 - Разрез типичного соляного купола с хорошо развитым кепроком (по Г. Тоду и др.).

В месторождениях твердых солей широко распространены карстовые явления, усложняющие разработку месторождений.

Ископаемые месторождения калийно-магниевых хлоридных солей, представлены субгоризонтальными пластовыми залежами и линзами мощностью в несколько метров, иногда с участками, осложненными соляной тектоникой, складчатостью, выполнены сильвинитом, карналлитом и галитом, переслаивающимися с каменной солью (месторождения Верхнекамского бассейна в России –рис. 47, здесь в сухом остатке солей обнаружено 20-25 г/т Au и ЭПГ), Припятского в Белоруссии, Саскачеванского в Канаде). В сухом остатке солей

Ископаемые месторождения сульфатных и сульфатно-хлоридных калийных солей, представлены линзообразными, пластово-линзообразными и купольными залежами изменчивой морфологии и мощности (до нескольких метров), нередко смятыми в складки и осложненные разломами. В их составе главными являются каинит ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$), лангбейнит ($2MgSO_4 \cdot K_2SO_4$), подчиненными – сильвин, полигалит, галит, гипс и ангидрит (месторождения Прикарпатского бассейна на Украине, Прикаспийского в России и Казахстане, Северо-Германского в Германии и Польше).

Наиболее значительные скопления каменной, калийной, калийно-магниевых солей, гипса и ангидрита связаны с краевыми (Предуральский, Предкарпатский и др.) или синклинальными (Московский, Вилуйский, Северо-Германский и др.) прогибами платформ. В истории Земли основными периодами образования галогенных формаций являются: ранний палеозой (галогенные формации Сибирской и Северо-Американской платформы), средний и поздний девон соленакопление Восточно-Европейской платформы), в карбоне мощное соленакопление наблюдается на Северо-Американской платформе.



1—2 — верхняя пермь, уфимский ярус: 1 — шешминский горизонт (песчаники, алевролиты, аргиллиты); 2 — соликамский горизонт (известняково-песчаные, мергелистые, глинистые породы); 3—7 — нижняя пермь, кунгурский ярус, иреньский горизонт: 3 — переходная толща, покровная и подстилающая каменная соль, 4 — калийная соль, 5 — маркирующая нижняя ангидрит-соляно-мергельная пачка, 6 — гипсовая шляпа, 7 — глинисто-доломит-ангидритовая соленосная толща, переходящая внизу в доломит-ангидритовую толщу филипповского горизонта; 8 — кошелевская и лекская свиты кунгурского яруса (конгломераты, песчаники); 9 — артинский ярус (карбонатные, ангидритовые и песчано-конгломератовые породы).

Рисунок 47 - Схематический геологический разрез пермских отложений южной части Соликамской впадины. По П. П. Матвееву (с упрощением).

В пермский период галогенное осадконакопление достигло максимального развития на всем протяжении Предуральяского прогиба, в краевых прогибах Восточно-Европейской платформы, в Прикаспии, Днепрово-Донецкой впадине образовались мощные соленосные формации.

Месторождения рассолов и соляных источников представлены концентрированными рассолами, циркулирующими в породах и трещинных зонах. При выходе таких рассолов на поверхность возникают соляные источники.

Подземные воды хлоридно-сульфатно-содового состава известны на большинстве нефтяных и газовых месторождений Северного Кавказа, Азербайджана, Западной Сибири. Из этих вод можно извлекать соду, буру, йод, бром, поваренную соль.

ФОСФАТНОЕ СЫРЬЕ (АПАТИТЫ И ФОСФОРИТЫ)

Общие сведения. Области применения. Требования к качеству сырья

Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений апатита

В геосторическом плане апатитовые и комплексные апатитсодержащие месторождения принадлежат к различным минерагеническим эпохам и связаны с различными формациями горных пород. Наиболее благоприятными для формирования месторождений были условия активизации древних платформ с типоморфными формациями агпайтовых нефелиновых сиенитов и щелочно-ультраосновных карбонатитовых комплексов. С режимом протоактивизации (в

раннем протерозое) связано формирование древних щелочно-ультраосновных комплексов с апатитовой и апатит-редкометальной минерализацией.

Среди промышленных месторождений апатита выделяется ряд генетических типов: магматические, карбонатитовые, скарновые, гидротермальные, метаморфогенные, месторождения выветривания. В России наибольшую промышленную ценность представляют магматические и карбонатитовые месторождения.

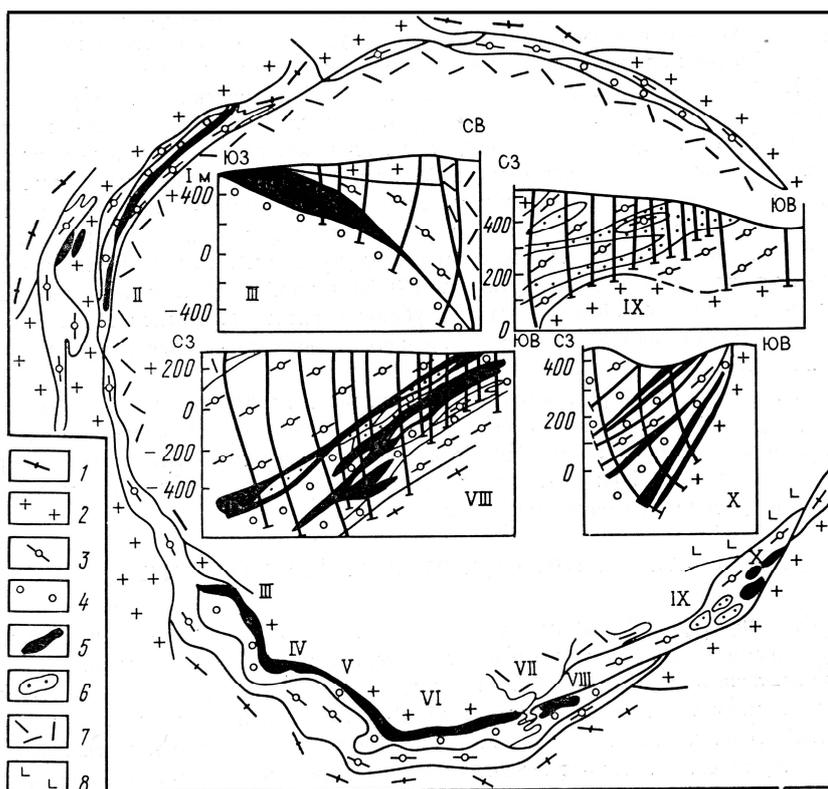
Апатитовые руды разнообразны. По минеральному составу они подразделяются на силикатно-оксидные, силикатные, карбонатно-силикатные, карбонатные и гидросиликатно-гидрооксидные. Наиболее легко обогащаются силикатные (apatит-нефелиновые) руды. Наиболее трудно – карбонатные и гидросиликатно-гидрооксидные. В легкообогатимых рудах извлечение P_2O_5 в апатитовый концентрат превышает 90 %, в труднообогатимых – составляет менее 70 %.

Магматические (позднемагматические) месторождения. Среди этих месторождений выделяют три формации: апатитовую, апатит-нефелиновую, апатит-магнетитовую.

Месторождения апатитовой формации связаны с габбро-сиенитовыми интрузиями, которые приурочены к участкам пересечения глубинных разломов. Это сложные многофазные тела с бедными апатитовыми рудами (содержание P_2O_5 2 – 4 %), однако руды хорошо обогащаются, и в концентрате содержание P_2O_5 35 %, запасы руд значительные. Примером является Ошурковское месторождение в Бурятии.

Месторождения апатит-нефелиновой формации являются главнейшим геолого-промышленным типом месторождений, с которым связана подавляющая часть запасов и добычи этого сырья. Месторождения приурочены к крупным многофазным концентрически-зональным интрузиям агапитовых нефелиновых сиенитов и ийолит-уртитов. Это месторождения Хибинского и Ловозерского массивов (Кукисвумчорр, Юкспор, Расвумчорр и др.). За рубежом массивы нефелиновых сиенитов известны в Гренландии, Бразилии, Канаде.

Массивы представляют интрузии, развитые на щитах и краевых зонах платформ. Их площади варьируют от первых десятков до первых тысяч квадратных километров. Рудные тела представляют собой протяженные (несколько километров) пластовые и линзовидные залежи, осложненные раздувами и пережимами, с закономерным пространственным распределением различных типов руд, либо менее крупные, кулисо расположенные



1 — хибиниты трахитоидные; 2 — рихсчорриты массивные; 3 — уртиты, ийолиты, ювиты, малиниты, мельтейгиты, луявриты трахитоидные; 4 — уртиты массивные, пегматоидные, неравномерно- и среднезернистые; 5—6 — апатит-нефелиновые руды: 5 — массивные, пятнистые, пятнисто-полосчатые, полосчатые, линзовидно-полосчатые, сетчатые, блоковые, 6 — брекчиевые; 7 — луявриты массивные; 8 — фойяиты трахитоидные. Месторождения: I — Партомчорр, II — Куэдьпор, III — Кукисвумчорр, IV — Юкспор, V — Апатитовый цирк, VI — Плато Расвумчорр, VII — Эвеслогчорр, VIII — Коашва, IX — Ньоркпахк, X — Олений ручей.

Рисунок 48 - Геологическая схема продуктивного ийолит-уртитового комплекса Хибинского массива и типичные разрезы месторождений апатит-нефелиновых руд (по материалам Хибиногорской ГРП).

залежи сложной формы, объединяющиеся в зоны с широким развитием брекчиевых руд. Залежи и зоны выполняют центриклинальные конические разломы, залегая согласно с вмещающими ийолит-уртитам. Промышленные руды месторождений Хибинского массива (рис. 48.) составляют $\frac{3}{4}$ запасов России при среднем содержании 14-18 % P_2O_5 . Руды хорошо обогащаются, в концентрате содержание P_2O_5 39,4 %. Характерны повышенные содержания P, F, Cl, Ti, Zr, Nb, Sr, TR. Руды сложены преимущественно апатитом, нефелином, эгирином, менее распространены сфен и титаномагнетит. Текстуры сетчатые, линзовидно-полосчатые, пятнистые, пятнисто-полосчатые, встречаются также сплошные апатитовые руды. Промышленное значение кроме апатита имеет нефелин, практический интерес могут представить сфен и редкие земли.

Месторождения апатит-магнетитовой формации связаны с габбро-сиенитами, габбро-пироксенит-дунитами (месторождение Кирунаваара и другие в Северной Швеции). Руды комплексные: апатит ассоциирует с магнетитом. Промышленные руды содержат 58-70 % железа и 0,01-3,6 % P_2O_5 .

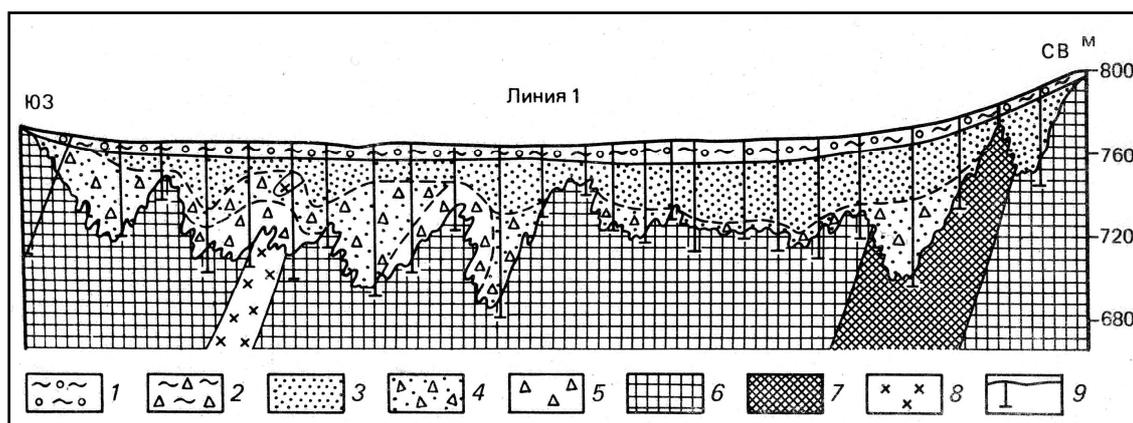
Карбонатитовые месторождения приурочены к массивам центрального типа ультраосновных щелочных пород, штокам и дайкам карбонатитов. Размещение массивов контролируется зонами глубинных разломов, чаще приуроченных к краевым частям платформ. Руды часто комплексные: апатит-магнетитовые, апатит-флогопитовые, апатит-редкоземельные. В России на долю этих месторождений приходится 11,8 % запасов P_2O_5 (по апатитовым рудам). Содержание P_2O_5 в среднем составляет около 7 %, иногда достигает 20 %. Наиболее изученными месторождениями этого типа являются Ковдорское на Кольском полуострове, Белая Зима, Большое Саянское, Томптор в Сибири, Палабора в ЮАР, Сукулу в Уганде. Сокли в Финляндии и др.

Апатитоносные тела разнообразны по форме и условиям залегания. Это кольцевые и конические дайки, линзо-, серповидные и линейно вытянутые крутопадающие тела, штоки и др. Эти тела выполняют кольцевые, конические, дуговидные, радиальные и линейные разломы и трещины в составе карбонатитовых комплексов. Запасы P_2O_5 первые сотни миллионов тонн. Полезными компонентами, кроме апатита, являются флогопит, нефелин, редкометальные минералы (бадделеит, пирохлор и др.), магнетит, фторкарбонаты редких земель.

Экзогенные месторождения

Месторождения выветривания связаны с корами выветривания карбонатитовых массивов. Плащеобразные залежи гипергенных апатитовых руд представлены лимонит-франколитовыми рудами, залегающими в нижней части коры выветривания на частично карстообразной поверхности коры. Руды рыхлые, глинистые и каменистые. В составе руд: апатит, франколит, вермикулит, глинистые минералы, редкометальные минералы.

Среднее содержание P_2O_5 около 16 %. Подобные месторождения известны на Ковдорском, Томпторском, Нижнесаянском, Белозиминском месторождениях в России (рис. 49.).



1 — аллювий; 2 — делювий; 3 — карбонатная охра; 4 — обохренная «сыпучка»; 5 — необохренная сыпучка; 6 — карбонаты кальцитовые; 7 — карбонаты анкеритовые; 8 — ийолиты; 9 — буровые скважины.

Рисунок 49 - Геологический разрез апатитоносной коры выветривания Белозиминского массива (по В. Г. Кузнецову).

Промышленные типы месторождений фосфоритов

Фосфориты являются экзогенными образованиями – осадочными и выветривания, последние играют резко подчиненную роль. Среди осадочных месторождений различают биохимические – морские (современные и ископаемые) и континентальные.

Важнейшими факторами образования и нахождения фосфоритов являются тесно связанные климатические, палеогеографические и фациально-литологические условия. Палеогеографические реконструкции показывают, что крупнейшие скопления происходили на океанических шельфах в условиях мощного апвеллинга, что характерно для экваториального пояса, ограниченного на севере и юге широтами почти 50° .

В мировом балансе запасов фосфоритов резко преобладают зернистые руды (свыше 60 %). Это месторождения Североафриканской провинции. Доля микрозернистых руд составляет 30 % (месторождения – Саянское в России, Каратауское в Казахстане, Фосфория в США и др.). На желваковые фосфориты приходится 7 % мировых запасов (месторождения Восточно-Европейской платформы: Вятско-Камское, Егорьевское и др.). Месторождения и проявления желваковых фосфоритов обнаружены на территории Черноземья, но они числятся в госрезерве. Наиболее перспективной считается Щигровская группа месторождений. Центральное месторождение в Тамбовской области, вероятно, будет вовлечено в разработку после освоения россыпей ильменита, залегающих во вскрышной толще.

Осадочные морские биохимические месторождения наиболее важны в промышленном отношении. Они возникают в результате накопления богатых фосфором раковин, костей рыб, выпадения фосфатов из растворов, их диагенетического и механического перераспределения в виде конкреций.

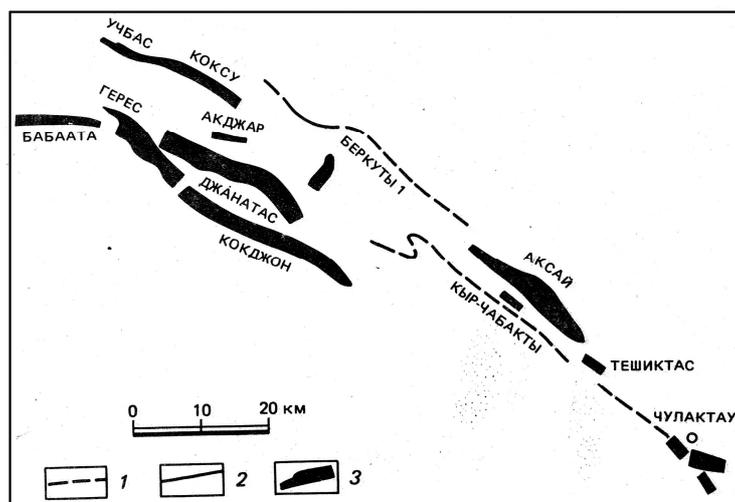
Современные скопления фосфоритов пока не имеют промышленного значения. Ископаемые месторождения подразделяются на геосинклинальные и платформенные.

Геосинклинальные фосфоритовые месторождения (месторождения хр. Каратау – рис. 50., Скалистых гор – США) – характеризуются линейной вытянутостью, прослеживаются на несколько сотен километров при ширине в десятки километров. В пределах месторождения развита кремнисто-карбонатная фосфоритовая формация мощностью до 100 метров с мелкозернистыми рудами, слагающимися до 10 пластов суммарной мощностью до 40 метров. Фосфоритовые формации подвержены интенсивным деформациям – как складчатым, так и разрывным, нередко прорваны магматическими породами, на контакте с которыми фосфориты метаморфизованы и переходят в апатит.

Фосфоритовые руды богаты: содержание P_2O_5 до 36 %. Для руд характерно присутствие Sr, V, TR.

Руды сложены в основном фосфатами, кварцем, халцедоном, доломитом, гидрослюдой. В местах размыва микрозернистые руды сменяются фосфоритовыми конгломератами и гравелитами, состоящими из галек фосфоритов и вмещающих пород. Основная масса фосфоритов представлена

фторкарбонатапатитом, в котором часть фосфора замещена углеродом.



Мощность фосфоритового пласта с содержанием P_2O_5 выше 25 % (м): I - до I; 2 — 1-5; 3 - более 5.

Рисунок 50 - Схема размещения выходов фосфоритового пласта в хр. Каратау (по Г. И. Бушинскому).

Платформенные месторождения представлены изометричными или вытянутыми на сотни и тысячи квадратных километров залежами. Фосфориты входят в состав маломощных органогенно-терригенных формаций. В разрезе формаций 1 – 3 рабочих пласта фосфоритов суммарной мощностью 1 – 4 метра, сложенных ракушечными или желваковыми типами руд. Основные породообразующие минералы фосфоритов – фосфаты, глауконит, кварц, кальцит, сидерит, глинистые минералы. В рудах встречаются многочисленные фораминиферы, радиолярии, спикули губок и другая фауна. Фосфориты и вмещающие породы залегают практически горизонтально. Содержание P_2O_5 3 – 18 %, руды нуждаются в обогащении.

В мировом балансе фосфатного сырья такие месторождения имеют небольшое значение (около 3,5 %). Для России их роль достаточно велика как по запасам (около 25 %), так и по добыче (10 – 11%). Основные запасы сосредоточены в Восточно-Европейской провинции, в состав которой входят месторождения Вятско-Камское, Егорьевское и др. Месторождения желваковых фосфоритов обнаружены в Тунгусско-Вилуйском бассейне, а также в Бельгии, Франции, Великобритании.

Месторождения переходные от платформенных к геосинклинальным широко распространены и образуют крупнейшие бассейны в Северной Африке – в Марокко, Алжире, Тунисе и др.

Осадочные механические месторождения образуются в процессе морской абразии ранее сформированных фосфоритов различных генетических типов. Они приурочены к терригенно-глауконитовым формациям и представлены галечниковыми и конгломератовыми типами руд. Примером являются месторождения полуострова Флорида (США). На долю галечниковых фосфоритов приходится около 1 % мировых запасов фосфатного сырья, но отдельные месторождения имеют важное промышленное значение.

Месторождения выветривания образуются при физическом и химическом выветривании фосфатсодержащих осадочных и магматических пород. Среди них выделяются остаточные и остаточно-инфильтрационные.

Остаточные месторождения формируются при накоплении продуктов выветривания на месте разрушения фосфатсодержащих пород. При разрушении, растворении и выносе нефосфатных минералов происходит вторичное обогащение фосфоритов с образованием рыхлых разновидностей. Остаточно-инфильтрационные встречаются чаще, поскольку часто образование месторождения сопровождается переотложением продуктов выветривания, при этом образуются каменистые разновидности. Наиболее благоприятными для образования этих месторождений являются осадочные карбонатные фосфатные породы или карбонатно-терригенные отложения. Фосфориты выветривания находятся в карстовых полостях или в виде плащевидных и линейных залежей на поверхности выветривающихся пород. Благоприятным является умеренный или тропический климат. Руды сложены рыхлыми и каменистыми типами с содержанием P_2O_5 10 – 20 %. Запасы руд невелики и месторождения имеют подчиненное промышленное значение. Промышленные скопления рыхлых и каменистых фосфоритов имеются в США (Флорида), в России Ашинское месторождение на Урале, в районах Сибири известно 10 месторождений выветривания, наиболее крупные из них – Белкинское в Кемеровской области и Телекское в Красноярском крае.

Стратиграфически месторождения фосфоритов всех выделенных типов распределены неравномерно; максимумы фосфоритообразования приходятся на поздний докембрий-кембрий, пермь, поздний мел-палеоген и неоген. По В.Н.Холодову периоды максимального фосфогенеза возникают в результате эрозии и выветривания магматогенных скоплений апатитов на суше и усиленного поступления фосфора в смежные палеоморя. Ясно проявленная эволюция фосфоритообразования выражается в смене микрозернистых фосфоритов (докембрий-палеозой) зернистыми и желваковыми (мезозой-кайнозой).

СЕРНОЕ СЫРЬЕ

**Общие сведения. Области применения. Требования к качеству сырья
Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений**

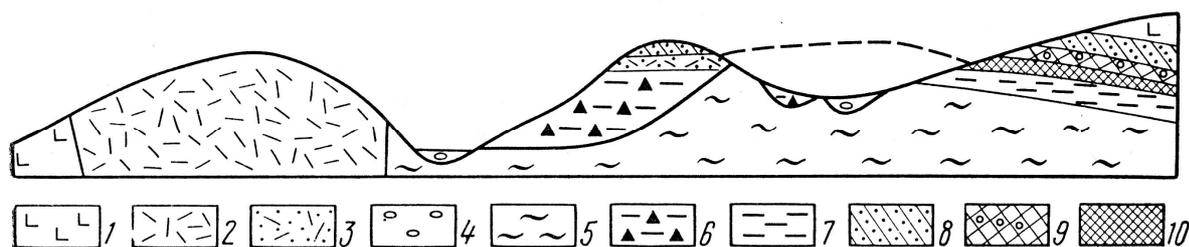
Серное сырье очень разнообразно и образуется в результате различных геологических процессов, но промышленные месторождения самородной серы являются продуктами вулканической деятельности и биохимических процессов.

Э н д о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Гидротермальные вулканогенные месторождения пространственно и генетически связаны с молодым или современным вулканизмом. Источником серы являются вулканические газовые и жидкие эманации. Все промышленные месторождения этого типа расположены в пределах Тихоокеанского вулканического пояса, отдельные мелкие проявления есть в Средиземноморье. Среди рудовмещающих пород наиболее распространены андезиты, туфобрекчии, туфы, лавобрекчии. Самородная сера отлагается на границе сред с восстановительными и окислительными условиями. В размещении серных залежей важная роль принадлежит тектоническим и литологическим факторам. Залежи размещаются вдоль разломов и зон трещиноватости в пористых

породах (туфах, туфобрекчиях). По глубине образования руд выделяют приповерхностные и поверхностные вулканогенные месторождения.

Приповерхностные месторождения серы возникают на глубинах до 350 метров от поверхности. Они приурочены к склонам, подножьям и кальдерам вулканов или к межвулканическим впадинам. Рудные тела локализируются в слоях пористых пирокластических пород на пересечении их разломами и зонами трещиноватости. Форма рудных тел штоко-, линзо-, реже пласто- и трубообразная; размеры: длина 250 – 1300 метров, ширина 50 – 950 метров, мощность 50 – 150 метров. Развиваются процессы окварцевания, пропилитизации (рис. 51.).



1 — базальты и туфы; 2 — дациты; 3 — алунитовые кварциты; 4 — аллювиальные и озерные отложения; 5 — пропилитизированные породы; 6 — сера в различных измененных породах; 7 — каолинизированные породы; 8 — пористые опалиты (выщелоченные серные руды); 9 — серные руды, частично выщелоченные, с очковой структурой; 10 — серные кварциты и опалиты.

Рисунок 51 - Схема распределения измененных пород серного месторождения Новое (по Е. Д. Петраченко):

На всех месторождениях наблюдается вертикальная и горизонтальная зональность. Вертикальная зональность заключается в смене сверху вниз следующих разновидностей пород: моноопаловые, серные, алунитовые, каолиновые (рис. 52.).

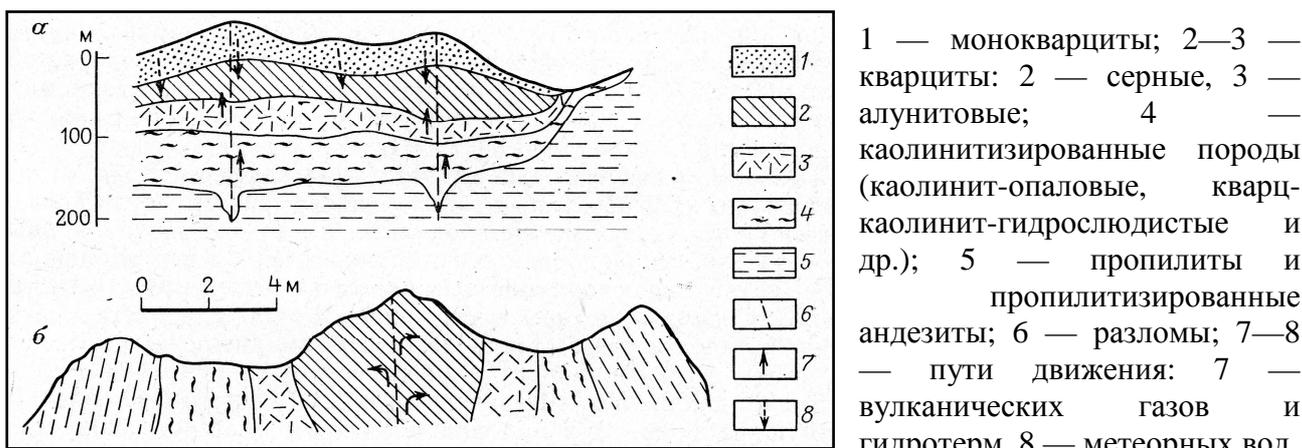


Рисунок 52 - Схема вертикальной (а) и горизонтальной (б) зональности участка Серное Кольцо месторождения Заозерное. По Г. М. Власову.

Горизонтальная зональность проявляется в смене фаций по обе стороны от рудоподводящего канала: монокварциты (опалиты) или серные кварциты,

серно-алунитовые кварциты, каолинитовые кварциты, серицитовые кварциты, гидрослюдисто-монтмориллонитовые породы, пропилиты. Наиболее богаты серой (30 – 35 % и более) серные кварциты. Руды имеют массивную, очковую, полосчатую или прожилковую текстуры. Руды комплексные: наряду с серой можно добывать пирит-марказитовые руды, алунит, гипс и ангидрит. Запасы серы в отдельных месторождениях достигают десятков миллионов тонн. К этому подтипу относятся месторождения Камчатки и Курильских островов (Новое, Заозерное, Малотойваямское, Ветроваямское и др.), Японии, США, многочисленные месторождения Чили, Перу, Мексики, Колумбии, Эквадора и Филиппин.

Поверхностные месторождения уступают по размерам приповерхностным. Они формируются из газовых или водных растворов на современных вулканах, в кратерных озерах. Выделяется несколько разновидностей месторождений. Сублимационные (эксталяционные) месторождения возникают на вулканах с сольфатарной деятельностью. Сера отлагается на стенках кратеров, трещин, образует корки, налеты, щетки, жилки. Содержание серы 80 – 95 %, но запасы небольшие. Близки к эксталяционным скопления натечной серы, откладывающиеся у выходов на поверхность термальных вод. Сера в смеси с опалом формирует агрегаты, цементирует обломки пород. Содержание серы 45 – 90 %. Часто сублимационные и натечные агрегаты совмещены. В России они известны на вулканах островов Кунашир и Итуруп.

Вулканогенно-осадочные месторождения серы в кратерных озерах образуются в результате выделения на дне озер вулканических сероводородных газов или вод. При окислении сероводорода осаждается сера, вместе с ней накапливались опал, глинистые минералы, алунит, гипс, марказит, вулканический пепел. Возникали серные илы, слагающие линзы длиной до сотен метров и мощностью от нескольких метров до 70. Запасы серы в единичных случаях достигают 1 млн.т. Сероносные илы есть в России в кратерных озерах островов Кунашир, Парамушир, на Камчатке, за рубежом в Японии, Индонезии. Серные потоки на действующих вулканах наблюдаются довольно часто, но они редко имеют промышленное значение. Источником серы послужили поверхностные и иные залежи, из которых сера была выплавлена при усилении вулканической деятельности. Форма серных потоков языковидная клинообразная. Сера обычно скрытокристаллическая грязно-зеленого цвета, содержит примеси до 10 %. Крупнейший поток вулкана Сиретоко находится в Японии.

Экзогенные месторождения

Экзогенные месторождения заключают около 90 % мировых запасов и 95 % добычи самородной серы.

Осадочные (биохимические) сингенетические месторождения образуются в водных бассейнах в результате окисления сероводорода при участии аробактерий. Продукт окисления – самородная сера накапливается в донных отложениях. Примером являются серные озера Поволжья России. В настоящее время они не имеют промышленного значения.

Инфильтрационно-биохимические эпигенетические месторождения возникают в результате следующих процессов: окисления сероводорода кислородом поверхностных вод, разложения гипса растворами хлористого натрия, редукции перешедшего в раствор сульфат-иона и окисления сероводорода кислородом инфильтрационных вод (при участии тиобактерий с последующим отложением серы на месте растворенного гипса), редукции гипсового кепрока соляных штоков сульфатредуцирующими бактериями с образованием сероводорода и кальцита, последующего окисления сероводорода до элементарной серы и ее накопление в кальцитовой зоне кепрока.

Важные в промышленном отношении эпигенетические месторождения серы находятся на побережье Мексиканского залива на территории США и Мексики, в Испании, на юге Франции, в Ираке и других странах, в России – месторождения Водинское, Алексеевское и другие в Самарской области. По морфологическим признакам среди эпигенетических месторождений серы выделяются солянокупольные, приуроченные к кепрокам соляных куполов; пластовые и пластообразные; линзовидные и гнездовые.

Из солянокупольных месторождений добывают около 80 % всей самородной серы – это месторождения Мексиканского залива (США и Мексика). Соляные штоки расположены на различной глубине от 50 до 800 метров. Они прорывают все вмещающие породы. Форма штока в плане овальная или круглая, диаметр от нескольких сотен метров до 5 км. Склоны обычно крутые. Соляные штоки состоят из галита (90 – 95 %) и ангидрита (5 – 10 %). Над ними залегают породы кепрока мощностью от нескольких метров до 300 м. Кепрок состоит из трех зон: нижней ангидритовой, промежуточной гипсовой и верхней кальцитовой. Иногда в кальцитовой зоне локализуются промышленные залежи нефти. В сероносных кепроках сера приурочена к кальцитовой или промежуточной гипсовой зоне, где она заполняет трещины и каверны. В ангидритовой зоне сера встречается редко, а в соляном штоке отсутствует. Содержание серы от 20 – 50 %. В серных залежах отмечается повышенное количество целестина, иногда барита, встречаются сульфиды, но содержание их редко превышает 1 %. Есть каверны с углекислотой, метаном, сероводородом, нефтью.

Образование серы трактуется следующим образом. При проникновении соляного штока в область грунтовых вод формируется ангидритовая зона кепрока за счет растворения и выноса галита. В дальнейшем при взаимодействии пород ангидритовой зоны с нефтяными водами часть ангидрита гидратировалась и переходила в гипс, а часть растворялась в воде с образованием активных ионов Ca^{2+} и $[\text{SO}_4]^{2-}$. Присутствие нефти и сульфатредуцирующих бактерий стимулировало восстановление сульфатов до сероводорода по схеме $\text{CaSO}_4 + 2\text{C}_{\text{орг.}} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{S} + \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2$. Окисление сероводорода приводило к отложению самородной серы в ассоциации с кальцитом. Соляные купола без признаков углеводородов не содержат серную минерализацию.

Пластовые и пластообразные месторождения серы известны во многих странах. Обычно они тесно связаны с лагунно-морскими отложениями

сульфатно-карбонатного состава. Сера приурочена к пластам карбонатных пород – известняков, доломитов, мергелей, контактирующих или переслаивающихся с сульфатными породами – гипсами и ангидритами. Мощность согласных пластовых и пластообразных тел от нескольких дециметров до первых десятков метров. Руды высокосортные со средним содержанием серы 25 % и более возникают путем замещения чисто сульфатных пород – ангидритов и гипсов, а более низкого качества (12 – 14 %) по породам смешанного состава – доломит-сульфатным. Главные минералы – кальцит и сера. Кроме этого в рудах содержатся глинистые минералы, в подчиненном количестве гипс, целестин, барит, органическое вещество. Сера представлена двумя разновидностями – ранней скрытокристаллической, тонко распыленной в известняках и явно кристаллической, более поздней, образующей агрегаты, друзы кристаллов в кавернах.

Линзовидные и гнездообразные месторождения по условиям залегания, составу руд и вмещающих пород аналогичны пластообразным месторождениям, отличаются они морфологией и меньшими размерами рудных залежей.

В настоящее время доказано, что все крупнейшие месторождения серы – инфильтрационно-метасоматические. Они возникают за счет серы сульфата кальция (гипса, ангидрита) карбонатно-галогенных формаций и являются продуктами замещения этих сульфатов новообразованиями серы и кальцита. Сера выделяется в результате бактериальной сульфатредукции (при участии битумов), последующего окисления сероводорода и накапливается вместе с вторичным кальцитом. Приуроченность серы к нефтегазоносным бассейнам обусловлена генетической связью ее с углеводородами. Залежи серы тяготеют при этом к тем участкам, которые контактируют с водонефтегазоносными горизонтами. Важная роль в становлении месторождений серы принадлежит структурным факторам. Она заключается в приуроченности залежей серы к антиклиналям, брахиантиклиналям, свод которых разрушен, т.е. открытым в гидродинамическом отношении.

Месторождения серосодержащего сырья

1. Важное значение имеют высокосернистые нефти и битумы, а также сероводородсодержащие горючие газы. Крупные месторождения известны в Мексике, Саудовской Аравии, Кувейте и других странах. В России наибольшие запасы газовой серы сосредоточены в месторождениях Волго-Уральской провинции.

2. Значительное количество серы и серной кислоты получают при переработке колчеданных руд. Содержание серы в массивных колчеданных рудах 40 – 50 %.

3. В ряде стран организовано производство серы из природных сульфатов (ангидрит, гипс, алунит).

4. Содержание серы в углях и горючих сланцах может достигать нескольких процентов, но в большинстве месторождений оно невысокое и непостоянное, поэтому в широких масштабах извлечение серы экономически

неэффективно. Но наиболее обогащенные серной кислотой разности углей Подмосковского бассейна используются для попутного ее получения.

БОРНОЕ СЫРЬЕ

Общие сведения. Области применения. Требования к качеству сырья

Обзор ресурсов. Промышленные типы месторождений

Эндогенные месторождения

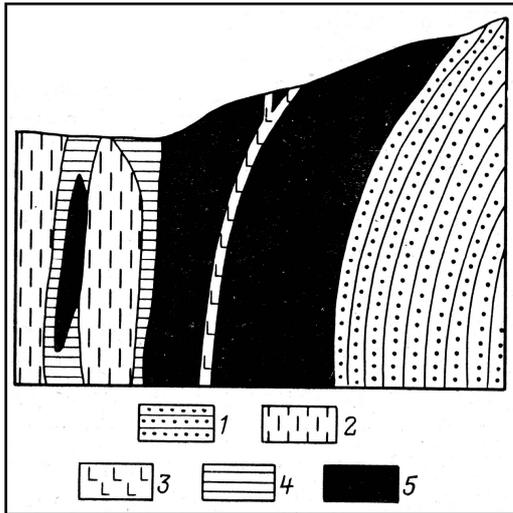
Скарновые месторождения – основной для России в промышленном отношении тип. Месторождения представлены магнезиальными и известковыми скарнами.

Магнезиальные скарны образуются на контакте доломитов, доломитовых известняков, магнезитов с гранодиоритами и диоритами. Форма скарновых залежей линзо- и пластообразные тела, реже отмечаются штоко- и жилообразные. Длина скарновых тел может достигать 1,5 км, мощность – десятки метров. Скарны сложены диопсидом, шпинелью, форстеритом, флогопитом, серпентином. По минеральному составу руд различают людвиговитовые, суанитовые и котоитовые месторождения. Людвиговитовые месторождения – наиболее глубинные, самые крупные из них имеют архейский возраст. Гипабиссальные месторождения – обычно мелкие, локализуются в экзоконтакте гранитных массивов, имеют преимущественно мезозойский возраст. Людвигит всегда сопровождается магнетитом, т.е. руды этих месторождений комплексные – железо-борные. Содержание B_2O_3 в рудах 4 – 10 %. Месторождения известны в России (Таежное в Якутии, в Забайкалье, Горной Шории), в Швеции, США.

Суанитовые месторождения встречаются редко, но отличаются крупными запасами. Содержание B_2O_3 в рудах высокое (12 – 17 %).

Котоитовые месторождения образуются на небольших глубинах, часто сопровождаются полиметаллическим, медным, висмутовым и иным оруденением. Содержание B_2O_3 в рудах обычно 6 – 8 %. Запасы руд от небольших до средних. Месторождения обнаружены на Дальнем Востоке и Северо-Востоке, за рубежом в Корее, США, Японии и др.

Известковые скарны часто приурочены к зонам мезозойской и кайнозойской складчатости, образуются на контакте известняков или известково-силикатных пород с гранодиоритами и кварцевыми диоритами. Бороносные скарны – инфильтрационные. Преобладают пироксен-гранатовые скарны, нередко присутствует волластонит, который может иметь промышленное значение. Промышленно ценными боровыми минералами являются датолит и данбурит, локализующиеся в экоскарнах. В эндоскарнах образуется аксинит и иногда турмалин, эти минералы промышленного значения не имеют. Месторождения представлены пластообразными и линзовидными, круто-, реже пологопадающими залежами известковых скарнов (рис. 53.) размером до трех километров по простиранию.



1 — кремнистые сланцы и песчаники; 2 — песчаники, алевролиты и сланцы; 3 — дайка диабазовых порфиров; 4 — гранатовые скарны, безрудные; 5 — волластонит-гранат-пироксеновые датолитсодержащие скарны.

Рисунок 53 - Схематический геологический разрез месторождения бора (по В. М. Щербинину).

Залежи имеют мощность в десятки-сотни метров. Содержание B_2O_3 варьирует от 5 до 15 %. К известково-скарновым относятся месторождения Приморья (Дальнегорское), боропроявления на Урале, Сибири, за рубежом в Японии, Великобритании и др.

Вулканогенно-гидротермальные месторождения бора представлены горячими минеральными источниками в областях современного вулканизма. Они распространены довольно широко, но имеют небольшое практическое значение, эксплуатируются лишь в Испании. Содержание борной кислоты изменяется от сотых долей процента до 0,5 %. Боросодержащие горячие источники вулканического происхождения известны в России (Камчатка), США и других странах.

Экзогенные месторождения

Вулканогенно-осадочные месторождения бора связаны с молодым вулканизмом. Источником бора служат вулканические эксгаляции или вулканические породы, из которых бор легко выщелачивается. Месторождения формируются в бессточных или слабо проточных котловинах (пресных и соленых озерах) за счет выпадения борных минералов в результате химических реакций в условиях аридного климата.

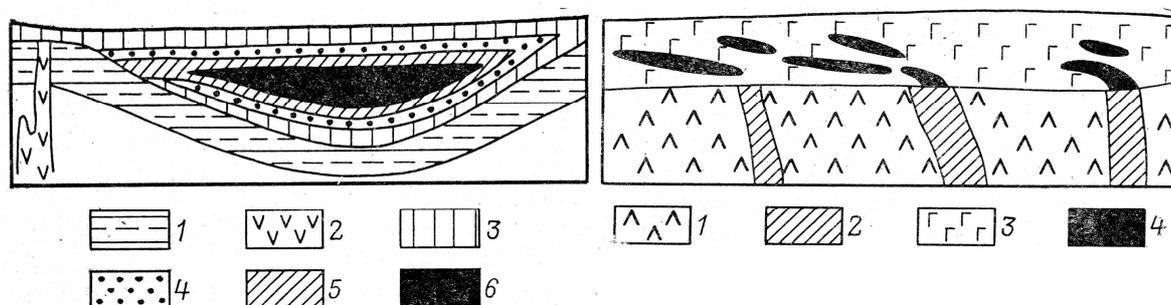
На вулканогенно-осадочных месторождениях базируется вся боровая промышленность капиталистических стран. Эти месторождения отличаются высокими содержаниями бора, благоприятными горнотехническими условиями и простотой технологической переработки руд.

По составу вмещающих пород и возрасту в этих месторождениях выделяются две группы. В месторождениях первой группы наблюдаются два типа.

Месторождения первого типа приурочены к соленосным (эвапоритовым) озерным отложениям четвертичного возраста. Образование их связано с фумарольной деятельностью действующих или недавно потухших вулканов. Месторождения расположены в котловинах у подножия вулканов. Эти котловины заняты солеными озерами (саларами) с пластами улексита, бурой, колеманитом и другими минералами, ассоциирующими с хлоридами и

сульфатами Na, K, Ca. Мощность боровых слоев – 1м, содержание B_2O_3 до 40 %. Запасы невелики. Месторождения развиты в Южной Америке (Чили, Перу, Аргентине, Боливии).

Месторождения второго типа также образуются в соленых озерах, но непосредственно не связаны с современным вулканизмом. Источником бора являлись вулканогенные породы, при выветривании которых в условиях аридного климата бор переносился и накапливался в бессточных котловинах. Из боратов преобладают бура и улексит, сопутствующие минералы – галит, сильвин, сода. Бор извлекают из рапы, из донного ила и самосадочной буры. Пластовые рудные тела имеют мощность до 15 м. Содержание B_2O_3 0,5 – 2,5 %, запасы нередко крупные. Крупнейшими месторождениями являются оз.Серлс (США), месторождение Кырка – рис. 54 (Турция). Подобные месторождения известны в Иране, Индии.



1 — породы фундамента; 2 — экструзивное тело; 3 — известняки; 4–6 — зоны развития боратов: 4 — кальциевых, 5 — натрий-кальциевых, 6 — натриевых.

Рисунок 54 - Схематический разрез месторождения Кырка (Турция). По К. Инану и др.

Месторождения второй группы локализуются в отложениях пресных озер – глинистых или карбонатно-глинистых породах. Бораты залегают в этих породах в виде пластов, линз, прослоев. Бор первоначально осаждался в виде буры, колеманита, улексита, которые в процессе диагенеза преобразовывались в пандермит, иньоит и другие минералы. Содержание B_2O_3 в рудах от 10 до 50 %. Запасы от средних до крупных. Примером являются месторождения Турции, США, Аргентины.

Осадочные химические месторождения связаны с залежами каменной и калийно-магниевых солей. В месторождениях каменной соли известна лишь непромышленная вкрапленность боратов. В подавляющем большинстве случаев бораты ассоциируют с калийно-магниевыми солями, поскольку бор осаждается лишь при высокой солености раствора. Месторождения образуются в крупных солеродных бассейнах пермского возраста. В хлоридно-сульфатных солях бор представлен калибаритом, борацитом и ассоциирует с сильвином, карналлитом и сульфатами K, Mg, в хлоридных месторождениях главными минералами являются бишофит и карналлит, а бор представлен борацитом. Содержание B_2O_3 обычно 1 – 5 %, часто это непромышленное оруденение, но

оно может служить источником для формирования более крупных остаточных и инфильтрационных месторождений.

Остаточные и инфильтрационные месторождения чаще всего приурочены к гипсовым шляпам соляных куполов, содержащих бедное борное сырье осадочного происхождения. Первично осадочные бораты замещаются ашаритом, улукситом и иньбитом. Содержание при этом B_2O_3 повышается до 25, иногда 35 %. Форма залежей пласто- и линзообразная. Бораты ассоциируют с гипсом и глинистыми минералами. Бораты могут растворяться в водах и переотлагаться в пределах гипсовой шляпы, образуя инфильтрационные залежи, состоящие из вторичного гидробората, улуксита и других кальциевых боратов.

Остаточные и инфильтрационные месторождения тесно связаны между собой, встречаются на одних и тех же месторождениях. Мощность рудных тел от долей метра до десятков метров. Запасы небольшие до средних.

Лекция 8. МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

ГЛИНЫ И КАОЛИНЫ

Общие сведения. Свойства и области применения. Обзор ресурсов Промышленные типы месторождений

Образование глинистых пород разнообразно. Среди них присутствуют как эндогенные (гидротермальные), так и экзогенные месторождения. Особое место занимают метаморфизованные глинистые породы - аргиллиты и глинистые сланцы.

Э н д о г е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я

Вулканогенно-гидротермальные метасоматические месторождения наиболее характерны для бентонитов, в меньшей степени для каолинов и огнеупорных глин.

Месторождения каолинов пространственно и генетически связаны с окварцованными и аргиллизированными андезит-дацитовыми толщами кайнозой, редко более древнего возраста. Формы залежей – жиллообразные, линзовидные, трубчатые; размеры небольшие: мощность – десятки, протяженность – десятки-сотни метров. Запасы подобных каолинов составляют около трети мировых запасов. Месторождения распространены в Турции, Италии, Японии, Чили, Мексике, в Закавказье (Загликское месторождение).

Месторождения бентонитов этого типа тоже связаны с проявлениями вулканизма, но образуются они при воздействии щелочных поствулканических растворов. Формы рудных тел, приуроченных к зонам разломов и оперяющих трещин – штоки, пластообразные залежи мощностью до 130 м. По запасам месторождения крупные и уникальные. Типичные представители – месторождения Азербайджана, Грузии, Армении, за рубежом - Японии и США.

Вулканогенно-осадочные месторождения характерны для бентонитов. Различают морские месторождения, связанные с подводными преобразованиями вулканогенных пород, и континентальные, образующиеся в

содовых озерах. Морские месторождения играют более важную роль. Они приурочены к районам активной вулканической деятельности. По составу бентониты щелочные, что связано с содержанием в воде соединений Na, наличием щелочей. Форма залежей – пластовая, мощность от десятков сантиметров до 10 метров, запасы от мелких до крупных. Представителем этого типа является уникальное Огланлинское месторождение в Туркмении, есть месторождения в Грузии и Узбекистане, а также в США.

Экзогенные месторождения

Месторождения коры выветривания (остаточные) образуются при выветривании магматических, метаморфических, реже осадочных пород. В зависимости от состава материнских пород образуются каолиновые, галлуазитовые, гидрослюдистые, монтмориллонитовые глины. Они слабо пластичны, используются редко. Практическое значение имеют остаточные месторождения каолинов. Для формирования каолинов благоприятны кислые, щелочные и другие силикатные породы (граниты, гнейсы, кристаллические сланцы и др.), при этом элювиальные залежи принято называть первичными каолинами, а переотложенные делювиальные и аллювиальные – вторичными каолинами. Формы рудных тел плаще- и гнездообразные залежи, их средняя мощность – десятки метров. В минеральном составе руд кроме каолинита отмечаются галлуазит, монтмориллонит, халцедон, реликтовые минералы.

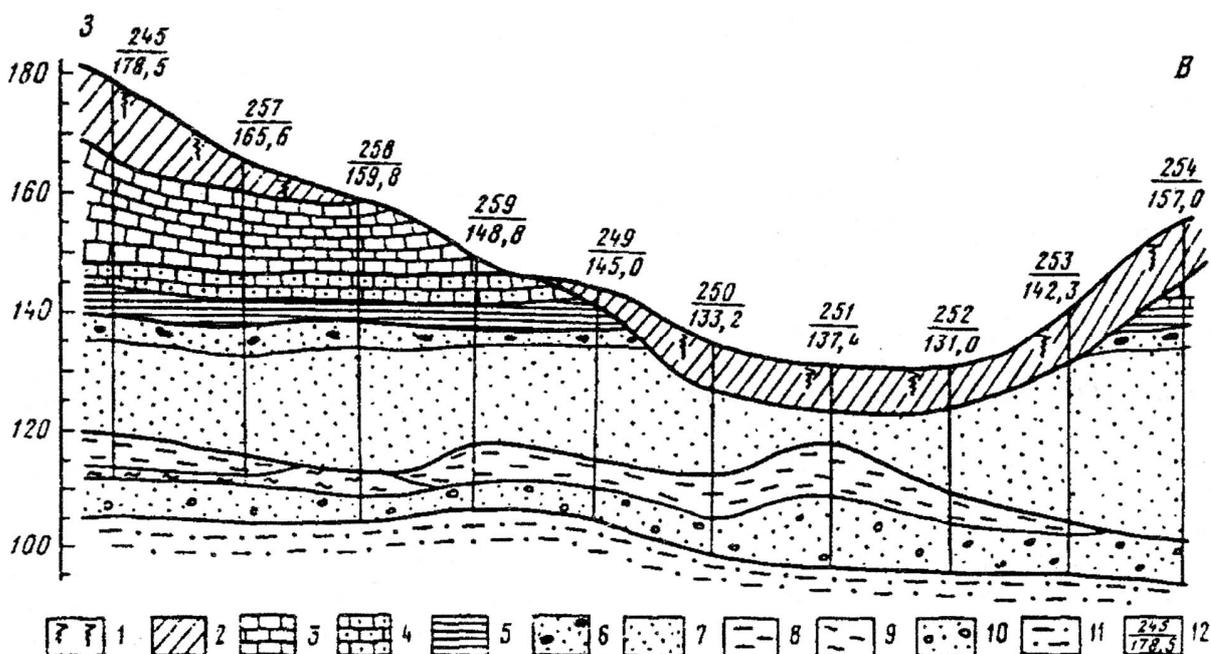
В России месторождения находятся на Урале, Сибири, на Дальнем Востоке, на Украине известны крупнейшие месторождения Великогадоминецкое и Турбовское.

Инфильтрационные или экзогенно-метасоматические месторождения образуются в результате ресилификации, дефизации и обеления бокситов. Источником растворенной кремнекислоты служат породы кровли, присутствие органики обуславливает кислую восстановительную реакцию вод, что приводит к замещению бокситов каолинитом и галлуазитом. Примерами являются полигенные залежи Троицко-Байновского месторождения на Урале, Апрельское в Западной Сибири.

Обломочные месторождения играют подчиненную роль. Это пролювиальные и делювиальные месторождения глин. Пролувиальные глины приурочены к конусам выноса, образуют прослой среди грубообломочных и песчаных пород. Глины плохо сортированы, полиминеральные. Делювиальные месторождения возникают при сползании продуктов выветривания по склонам холмов. Форма залежей – плащеобразная, мощность непостоянна, сортировка глин слабая. Глины полиминеральные.

Осадочные месторождения возникают в результате переотложения и диагенетического изменения продуктов кор выветривания. Преобразование глинистых минералов происходит в ходе их размыва, переноса и отложения. Среди осадочных месторождений глин выделяют континентальные, лагунные и морские. Среди континентальных месторождений различают аллювиальные, озерно-болотные и озерные, ледниковые, флювиогляциальные, эоловые; среди лагунных – месторождения опресненных и осолоненных лагун, а среди морских – месторождения прибрежной и удаленной от берега частей шельфа.

Легкоплавкие глины образуются во всех случаях, тугоплавкие и огнеупорные – в озерно-болотных бассейнах и опресненных лагунах. Тонкодисперсные переотложенные каолины являются каолиновыми или гидрослюдисто-каолиновыми огнеупорными глинами. Месторождения наиболее ценных огнеупорных глин образуются в специфических условиях, они формируются путем отложения глинистого материала на дне озер, опресненных лагун в удалении от берега. В этих условиях отсутствие электролитов благоприятствует медленному выпадению вещества, что приводит к накоплению однородных тонкодисперсных глин. По минеральному составу глины каолиновые, кроме этого присутствуют галлуазит и гидрослюды, иногда гидраты алюминия, примеси карбонатов, гидроксиды железа. Залежи имеют форму линз и пластов, по простиранию они прослеживаются на несколько километров при мощности от нескольких метров до первых десятков метров. К этому типу относятся месторождение Латнинское в Воронежской области (рис. 55.), месторождения Боровичско-Любытинского района в Новгородской области, Часовьярско-Дружковская группа месторождений на Украине.



1 – почвенно-растительный слой; 2 – моренные отложения (Q); 3 – мел плотный (K_{2t}); 4 – мел песчаный (K_{2s}); 5 – глина плотная (K_{2s}); 6 – песок с желваками фосфоритов (K_{2s}); 7 – песок кварцевый ($K_{1a+al+s}$); 8 – глина огнеупорная; 9 – алевриты глинистые; 10 – песок с гравием (все K_{1a}); 11 – глина песчаная (K_{1n}); 12 – номер скважины (числитель) и абсолютная отметка (знаменатель).

Рисунок 55 - Геологический разрез участка Хохол-Дон Латненского месторождения огнеупорных глин (по В.П. Михину, Н.А. Музылеву и А.Д. Савко).

Осадочные месторождения бентонитов имеют обычно кайнозойский возраст. Лучшим качеством характеризуются морские месторождения. Щелочная среда водоемов способствует преобразованию хлорит-гидрослюдистых продуктов выветривания в монтмориллонит. Месторождения

формируются в мелководных лагунных условиях в умеренном гумидном климате, а в аридной зоне – в более отдаленных от берега и застойных участках морских водоемов. Залежи имеют пластообразную форму, их площадь измеряется десятками и сотнями квадратных километров, мощность от метров до десятков метров. Запасы большие: миллионы, иногда десятки миллионов тонн. Месторождения этого типа известны в Поволжье, Средней Азии, на Украине (Черкасское), а за рубежом – в США.

Метаморфизованные месторождения образуются при уплотнении, дегидратации и частичной перекристаллизации осадков в процессе диагенеза или в начальные стадии метаморфизма. К ним относятся месторождения непластичных глинистых пород: аргиллитов и глинистых сланцев, которые могут использоваться в качестве компонента сырьевой смеси при производстве цемента. Месторождения известны в Западной Сибири, на Дальнем Востоке.

ПЕСОК И ГРАВИЙ

Общие сведения. Свойства и области применения. Требования к качеству сырья. Обзор ресурсов.

Промышленные типы месторождений

Экзогенные месторождения

Генетически залежи песков, гравийно-песчаных и валунно-гравийно-песчаных смесей, используемых в строительстве, достаточно разнообразны. Это главным образом всевозможные аллювиальные, ледниковые, морские, озерные, реже элювиальные делювиальные, пролювиальные и эоловые пески, обычно четвертичного возраста.

Экзогенные месторождения песка и гравия представляют продукты выветривания или механические осадки.

Месторождения выветривания – элювиальные отложения кварцевых песков образуются в коре выветривания песчаников или кварцитов - Харгинское месторождение кварцевых песков в Прибайкалье. *Пролувиальные* отложения формируют шлейф у подножия гор, они покрывают значительные площади, мощность залежей достигает десятков метров. Неотсортированный и необработанный обломочный материал используется для строительных целей. *Аллювиальные* отложения представлены русловыми, долинными, террасовыми залежами – современными и древними, в том числе и погребенными. Для них характерны удлиненно-линзовидные формы: длина до 1км., мощность до десятков метров. Сортировка материала - наименьшая в горных реках, наибольшая – на равнинных участках. Этот тип месторождений – наиболее важный источник строительного сырья. Примером является Румянцевское месторождение в Московской области. *Моренные* отложения образованы несортированным песчано-гравийно-валунным материалом, иногда со значительной примесью глин, суглинков или супеси. Они полимиктовые по составу, обычно грубослоистые, в разной степени сортированные. Флювиогляциальные отложения широко используют как строительный материал. *Эоловые* образования сложены дюнными отсортированными песками

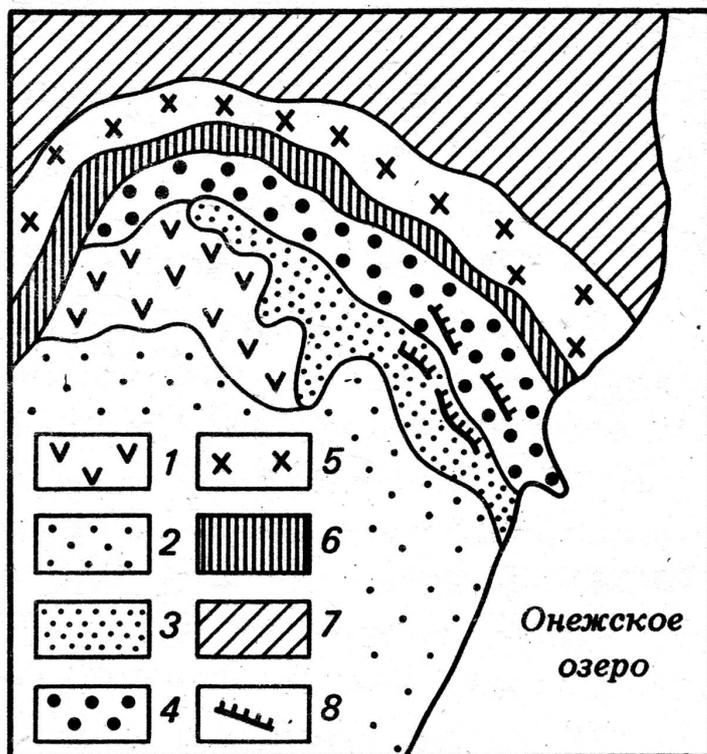
морских побережий пустынных областей. Пески мелко-среднезернистые, песчинки отполированы, используются для производства силикокальцитных и иных изделий. Месторождения известны в Средней Азии.

Осадочные (морские и озерные) месторождения подразделяются на древние и современные, а по месту накопления - на месторождения пляжей, кос, береговых валов, подводных прибрежных и шельфовых и надводных морских террас.

Современные отложения полимиктовые по составу, нередко хорошо окатаны и отсортированы. Месторождения характеризуются крупными масштабами и отсутствием вскрыши. Среди подводных месторождений выделяются: 1) месторождения современной береговой зоны – подводное продолжение дельт, конусов выноса, затопленные банки, косы, острова; 2) месторождения, залегающие в верхней части шельфа, представленные реликтовыми аллювиальными, флювиогляциальными, моренными, эоловыми и другими континентальными осадками, переработанными в ходе трансгрессии моря, которые достаточно активно разрабатываются для строительных целей на Балтике (месторождения Германии, Польши, России), в Одесском лимане Черного моря и др. Надводные песчаные, песчано-гравийные, галечниковые отложения морских и озерных террас по возрасту могут быть древними и четвертичными. Среди них для строительных целей эксплуатируются древнечетвертичные террасы, вытянутые вдоль побережий Белого, Балтийского, Каспийского морей, Онежского озера. Среди древних наибольшее практическое значение имеют морские кварцевые пески. Они образуются на глубинах моря до 150 метров и формируют выдержанные пластовые залежи мощностью 20 – 40 метров. Пески удовлетворительно и хорошо сортированы благодаря длительному перемыву и неоднократному переотложению; минеральный состав варьирует от полимиктовых глинистых с примесью других минералов (глауконит, кальцит, фосфаты, гидроокислы железа и др.) до чисто кварцевых; преобладают мелкие фракции. Многочисленные месторождения морских кварцевых песков известны на Восточно-Европейской платформе. Эксплуатируются в крупных масштабах морские пески Егановского, Люберецкого и других месторождений верхней юры, расположенных в Московской области. В палеогене образовались дельтовые и морские пески Ульяновско-Саратовской впадины. В азиатской части России кварцевые пески отлагаются в образованиях кайнозоя и мезозоя на Урале (Кичигинское месторождение в Челябинской области), в крупных масштабах отрабатывается Тулунские месторождения кварцевых песков в Иркутской области и др.

Осадочные месторождения песчаников. Пласты и линзы кварцевых песчаников мощностью метры – сотни метров значительной протяженности известны в субгоризонтальных терригенно-осадочных, иногда метаморфизованных толщах различного возраста (Черемшанское месторождение в Бурятии, многочисленные месторождения кварцевых песчаников в США).

Метаморфические месторождения. Пласты и линзы кварцитов мощностью метры – сотни метров встречаются в составе дислоцированных древних высокометаморфизованных алюмосиликатных пород (месторождения Финляндии, Канады, России – рис. 56. и др.).



1 — диабазы; шокшинская свита; 2 — красные песчаники, кварциты; 3 — малиновые песчаники; 4 — красные песчаники, 5 — розовые песчаники; 6 — хлорит-серицитовые сланцы; 7 — серые песчаники; 8 — забои действующих карьеров.

Рисунок 56 - Геологическая схема Шокшинского месторождения кварцитов (Неметаллические полезные ископаемые СССР).

КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ

Общие сведения. Свойства и области применения. Обзор ресурсов Промышленные типы месторождений

Месторождения карбонатного сырья характеризуются большим разнообразием: помимо господствующих осадочных образований среди них имеются месторождения метаморфического (мраморы), метасоматического (карбонатиты), гидротермального (карбонатные жилы выполнения, травертины) и гидротермально-метасоматического (доломиты) генезиса.

Осадочные карбонатные породы могут быть образованы в морских, лагунных и озерных условиях хемогенным и кластогенным путем.

Эндогенные месторождения

Карбонатиты являются комплексными месторождениями, содержащими ценные металлические и неметаллические полезные ископаемые, в том числе и карбонатное сырье, получаемое в процессе обогащения.

Гидротермальные месторождения доломитов представлены в основном мелкими жилами, телами неправильной формы. Как правило, практического значения они не имеют.

Метаморфогенные месторождения

Метаморфические месторождения мраморов и мраморизованных

известняков образуются в процессе метаморфизма карбонатных пород. Примерами являются Белогорское месторождение в Карелии и Коелчинское на Урале.

Экзогенные месторождения

Месторождения выветривания представлены месторождениями вторичных доломитов и доломитизированных известняков. Они возникают при химическом выветривании ранее образованных карбонатных пород при выносе магния и последующим замещением кальция известняков.

Осадочные месторождения имеют наиболее важное промышленное значение, они подразделяются на морские (главные) и континентальные (второстепенные). Морские карбонатные породы представлены известняками, доломитами, мелом и мергелями. Континентальные карбонатные отложения – известняки, сталактиты, сталагмиты имеют резко подчиненное значение. Морские осадки формировались в обстановке нормальной солености морских вод в результате химического осаждения, жизнедеятельности организмов и переотложения известнякового материала. В прибрежных водах создавались условия для активной жизнедеятельности морских организмов, строивших свои скелеты и раковины из кальцита. В глубинных водах происходило выпадение из морских вод хемогенного кальцита. Поэтому мелководные известняки чаще органогенные, а глубоководные – пелитоморфные хемогенные разности.

Среди доломитов по условиям формирования выделяют хемогенные, диагенетические и смешанные. Доломиты накапливались в теплых морях в условиях аридного климата, повышенной солености и щелочности вод. В подобной обстановке в основном осаждались хемогенные доломиты. Со временем в истории Земли масштабы доломитообразования сокращаются (уменьшается содержание углекислого газа в атмосфере и гидросфере). Изменение условий осадконакопления привело к увеличению количества известняков и формированию седиментационно-диагенетических доломитов.

Карбонатные отложения формировались в различных фациальных, климатических и тектонических условиях. Это обусловило приуроченность их к различным группам осадочных формаций: карбонатным, карбонатно-сульфатным, соленосным, флишевым, молассовым, осадочно-вулканогенным, сланцевым, угленосным, красноцветным.

Геосинклинальные месторождения связаны с карбонатными, флишевыми, осадочно-вулканогенными формациями. В этих формациях карбонатные породы слагают мощные выдержанные пласты, представлены органогенными и кристаллическими известняками, хемогенными и диагенетическими доломитами, мраморами, реже мергелями. Таким месторождениям свойственны ассоциации карбонатных пород с фосфоритами (месторождения хребта Каратау), магнезитами (Южный Урал), шунгитами (Карелия), бокситами (Восточный Урал). Многочисленные месторождения в России выявлены на Западном Урале, в Кузбассе, на Алтае, в Красноярском крае; доломитов – на Южном и Северном Урале, в Енисейском кряже. К типичным морским осадочным флишевым относится Новороссийское месторождение цементных известняков и мергелей, прослеживающееся более чем на 50 км.

Платформенные месторождения пространственно связаны с карбонатно-сульфатными, галогенными, терригенными, угленосными, красноцветными формациями. Собственно карбонатные породы в этих формациях характеризуются относительно небольшой мощностью, широким распространением по площади, горизонтальным или близким к нему залеганием, слабым развитием дислокаций. Карбонатные породы представлены органогенными, кристаллическими, обломочными известняками, мелом, мергелями, диагенетическими, реже хемогенными доломитами. В парагенезисе с карбонатными отложениями встречаются залежи горючих сланцев (Прибалтийский бассейн), солей (Предуралье), гипсов, ангидритов и нефти (Азербайджан), фосфоритов. Платформенные месторождения многочисленны, имеют большое практическое значение и широко представлены на Восточно-Европейской и Сибирской платформах.

Переходные месторождения приурочены к соленосным, терригенным, молассовым, угленосным формациям. Карбонатные отложения имеют переменную мощность, часто переслаиваются с гипсами, ангидритами, солями и песчано-глинистыми образованиями. Месторождения представлены органогенными, кристаллическими, реже обломочными и оолитовыми известняками, хемогенными и диагенетическими доломитами, мелом, мергелями. В парагенезисе с карбонатным комплексом наблюдаются промышленные скопления солей, углей (Донбасс, Кузбасс), нефти (Азербайджан), калийных солей (Германия). Многочисленные месторождения приурочены к Предуральскому, Ангаро-Ленскому и другим прогибам, а также к внутренним впадинам на Восточно-Европейской и Сибирской платформах.

2.1.7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Не предусмотрены.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Быков И.Н., Коваль И.К. Геология месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие к лабораторным занятиям. Воронеж, 2003.

К.Уринбоев. Методические указания и описание лабораторных работ по курсу «Промышленные типы МПИ». Ташкент, 2006.

2.1.9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ (И СЕМИНАРСКИМ) ЗАНЯТИЯМ

Задания к практическим работам выдаются преподавателем согласно рабочей программы дисциплины.

Быков И.Н., Коваль И.К. Геология месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие к лабораторным занятиям. Воронеж, 2003.

К.Уринбоев. Методические указания и описание лабораторных работ по курсу «Промышленные типы МПИ». Ташкент, 2006.

2.1.10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Для студентов очного обучения предусмотрены домашние задания в виде самостоятельного изучения отдельных тем. Задания выполняются письменно и докладываются на занятии во время тест-опроса или письменно.

2.1.11. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ

Не имеется.

2.1.12. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В учебном процессе используются: электронные библиотечные ресурсы АмГУ и других ВУЗов России.

2.1.13. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОМУ СОСТАВУ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖСЕССИОННОГО И ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

См. материалы в УМО АмГУ

2.1.14. КОМПЛЕКТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Не имеются. В процессе разработке.

2.1.15. КОМПЛЕКТЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ ПРЕДУСМОТРЕННЫХ ЭКЗАМЕНОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

Промышленные типы металлические полезных ископаемых

1. Железо. Ведущие геолого-промышленные типы и их роль в мировом балансе запасов и добычи железа. Общие закономерности размещения железорудных месторождений.
2. Марганец. Основные геолого-промышленные типы месторождений. Качество руд и промышленное значение осадочных морских, вулканогенно-осадочных месторождений выветривания.

3. Хром. Хромитоносные геологические формации. Раннемагматические, позднемагматические, россыпные месторождения.
4. Титан. Магматические месторождения - в расслоенных массивах, в офиолитах, в массивах анортозитовой и габбро-анортозитовой формаций. Вулканогенно-осадочные, россыпные, метаморфогенные месторождения и месторождения выветривания.
5. Ванадий. Типы месторождений собственно ванадиевых и ванадийсодержащих руд.
6. Алюминий. Геолого-промышленная классификация и формационная позиция месторождений бокситов. Небокситовое алюминиевое сырье.
7. Магний. Основные источники промышленного получения магния.
8. Никель. Сульфидные медно-никелевые месторождения - типы, их зависимость от петрохимических свойств рудоносных формаций. Месторождения кор выветривания. Гидротермальные месторождения.
9. Кобальт. Главные типы кобальтоносных месторождений.
10. Медь. Геолого-промышленные типы медных месторождений. Магматические, вулканогенные, осадочные меденосные формации; зависимость состава руд месторождений от особенностей рудоносных формаций.
11. Свинец и цинк. Геолого-промышленные типы свинцово-цинковых месторождений. Эволюционные ряды колчеданно-полиметаллических месторождений.
12. Олово. Разнообразие геолого-промышленных типов месторождений олова. Собственно оловянные и комплексные руды.
13. Вольфрам. Геолого-промышленные типы, продуктивные (рудогенерирующие) формации.
14. Молибден. Ведущие геолого-промышленные типы. Эволюционные ряды эндогенных месторождений олова, вольфрама, молибдена.
15. Висмут. Геолого-промышленные типы собственно висмутовых и висмутсодержащих месторождений.
16. Ртуть и сурьма. Главные геолого-промышленные типы месторождений ртутных, сурьмяно-ртутных, сурьмяных руд.
17. Литий, цезий и рубидий. Ведущие геолого-промышленные типы эндогенных месторождений, рудоносные формации, геотектоническая позиция. Литийсодержащие минеральные воды.
18. Бериллий. Собственно бериллиевые и бериллийсодержащие месторождения.
19. Ниобий и тантал. Ряд геолого-промышленных типов эндогенных месторождений: танталовых, тантало-ниобиевых, ниобиевых. Коры выветривания; россыпные месторождения.
20. Цирконий и гафний. Прибрежно-морские россыпи. Эндогенные руды - источники попутных циркония и гафния.
21. Редкометалльные элементы и иттрий. Эндогенные месторождения, типы рудоносных формаций. Месторождения кор выветривания, россыпные, осадочные.

22. Рассеянные элементы. Основные типы месторождений, из руд которых попутно добываются рассеянные элементы.

23. Общие особенности размещения эндогенных редкометальных месторождений.

24. Золото. Рудогенерирующие формации золоторудных месторождений. Ведущие геолого-промышленные типы.

25. Серебро. Геолого-промышленные типы собственно серебряных месторождений. Серебросодержащие месторождения.

26. Платиноиды. Главные геолого-промышленные типы месторождений платиноидов.

27. Уран. Ведущие геолого-промышленные типы эндогенных, экзогенных, полигенных месторождений урана.

28. Торий. Геолого-промышленные типы месторождений - источники попутной добычи тория.

Промышленные типы неметаллических полезных ископаемых

1. Фосфатное сырье (Апатиты и фосфориты) Область применения, промышленные типы месторождений.

2. Сера. Ее свойства и применение. Промышленные источники получения серы и серных соединений. Главнейшие типы месторождений самородной серы, условия их образования и закономерности размещения: вулканогенный импрегнационно-метасоматический гидротермальный (Тихоокеанский вулканический пояс), стратиформный биохимически-осадочный (Среднее Поволжье, Западный Техас в США, Гаурдак в Туркмении, Предкарпатский бассейн в Польше и на Украине, остров Сицилия, Мишрак в Ираке) и связанный с ним солянокупольный (Мексиканский залив).

3. Бор. Его природные соединения и геохимический цикл, применение в промышленности. Главнейшие генетические и геолого-промышленные типы месторождений: известково- и магнезиально-скарновый (Дальнегорское, Таежное), вулканогенно-осадочный (США, Турция, Аргентина), галогенно-осадочный и галогенно-остаточный (Прикаспийская впадина).

4. Натриевые, калийные и калийно-магниевые соли. Химический и минеральный состав, области применения и требования промышленности (ГОСТ). Геохимические циклы натрия, калия, магния и хлора; галогенез. Ископаемые и современные (осадочная соль и рапа) месторождения. Пластовые и солянокупольные осадочные месторождения каменной (Бахмутское, Илецкое), калийно-магниевых хлоридных (Верхнекамский, Припятский и Саскачеванский бассейны) и сульфатных (Предкарпатский и Северо-Германский бассейны) солей. Современные сульфатные (Кара-Богаз-Гол, Кучук, Джаксы-Клыч) и карбонатные (оз. Серлз) бассейны как основной источник добычи мирабилита, тенардита, астраханита, соды и др. солей.

5. Асбест. Его разновидности, состав, строение, физические и технологические свойства, использование в промышленности. ГОСТ, промышленные сорта и марки асбестов. Геологические условия образования и нахождения; представления о генезисе. Группировка месторождений хризотил-асбеста (Баженовское, Молодежное, Аспогашское, месторождения Канады, штата Аризона

в США), антофиллит-асбеста (Сысертское, Бугетысайское), амозит- и крокидолит-асбестов (ЮАР) по формационным признакам.

6. Слюда. Ее промышленные разновидности, состав, физические и технологические свойства, использование в промышленности. Добыча и обработка, ГОСТ и сортность слюдяного сырья. Пегматитовые и метаморфогенные месторождения мусковита (Мамско-Чуйские, Карело-Кольские, месторождения Индии, Бразилии, Зимбабве), карбонатитовые (Ковдор, Гулинское, Маган, месторождения ЮАР, Бразилии, Канады) и скарновые (Алданские, Слюдянка, месторождения на Памире, в Канаде) - флогопита, коры выветривания (Ковдор, месторождения США и ЮАР) - вермикулита. Аляскитовые граниты (Спрус-Пайн в США) и грейзеновые редкометалльные месторождения как промышленный источник мелкочешуйчатого мусковита. Искусственное получение флогопита.

7. Графит. Состав, природные разновидности, физические и технологические свойства, применение в промышленности. Получение искусственного графита. Магматические (Ботогольское), пегматитовые (Шри-Ланка) и скарновые (Блэк-Дональд в Канаде) месторождения плотнокристаллического графита, метаморфогенные (Завальевское и др. на Украине, Тайгинское) - чешуйчатого графита, контактово-метаморфические (Ногинское, Курейское) - скрытокристаллического графита.

8. Флюорит (плавиковый шпат). Состав, физические и технологические свойства, области применения и промышленные сорта. Минеральные типы руд. Пегматитовые месторождения с оптическим флюоритом (Центральный Казахстан); флюоритсодержащие редкометалльные грейзеновые, флюоритовые и барит-флюоритовые гидротермальные (Вознесенское, Калангуйское, месторождения Мексики и Монголии) и стратиформные (Таскайнар, Аурахматские, Морван во Франции) месторождения.

9. Барит (тяжелый шпат) и виверит. Их состав, физические и технологические свойства, применение в промышленности. Гидротермальные жильные (Туркмения, Грузия), стратиформные, в том числе хемогенно- и вулканогенно-осадочные (Апшринское в Грузии, Чиганак в Казахстане, Магнет-Ков в США, Сильвермайнс в Ирландии) и песчано-валунчатые остаточные кор выветривания (штаты Миссури и Джорджия в США, Джалаирское в Казахстане, Медведевское) месторождения барита; комплексные барит-полиметаллические, важнейшие области применения в промышленности. Изменение свойств природных и получение синтетических цеолитов. Диагенетически-осадочные морские месторождения клиноптилолита и морденита (Итая в Японии, Айдагское в Азербайджане), озерные - филлипсита, клиноптилолита и эрионита (Калифорния, Восточная Африка).

10. Магнезит и брусит. Их состав, физические и технологические свойства, применение в промышленности. Стратиформные месторождения кристаллического магнезита в карбонатных толщах (Саткинские, Савинское, Удерейское, Северо-Восточный Китай), штокверково-жильные инфильтрационные и гидротермальные - криптокристаллического магнезита в ультрабазах

(Халиловское, Греция, Турция, Индия), контактово-метаморфические месторождения брусита и бруситовых мраморов (Кульдурское, Китай, Канада).

11. Тальк и тальковый камень, пирофиллит. Их состав, физические и технологические свойства, области применения, требования промышленности к качеству сырья. Гидротермально-метасоматические (Онотское, Светлоключевское, Киргитейское, Кудуау в Австралии, США, Китай) и метаморфогенные (Шабровское, Миасская провинция, Карелия, Финляндия, США) месторождения талька и талькового камня. Остаточные (элювиальные) месторождения порошковых талькитов (Алгуйское, Киргитейское, Запываловское); гидротермальные и метаморфогенные месторождения пирофиллита (Куль-Юрт-Тау).

12. Пьезооптическое сырье. Пьезотехнические, оптические и ювелирные свойства кристаллов; требования промышленности к их качеству. Пегматитовые, гидротермальные, элювиально-делювиальные и аллювиальные месторождения горного хрусталя и другого кристаллокварцевого сырья (Урал, Алдан, Украина, Казахстан, Бразилия, Монголия, Китай); гидротермально-метаморфические месторождения гранулированного кварца (Кыштымские, Маукское, Кузнечихинское); пегматитовые и гидротермальные месторождения оптического флюорита (Центральный Казахстан); гидротермальные (Нижнетунгусская и Тиманская провинции, Южная Африка, Индия) и телетермальные (Южный Тянь-Шань и Северный Кавказ) месторождения исландского шпата.

13. Алмазы. Их состав, физические, технологические и ювелирные свойства, сортность, применение. Магматические (кимберлитовые и лампроитовые) и россыпные (элювиальные, элювиально-делювиальные, аллювиальные и морские) месторождения. Главнейшие алмазоносные провинции мира (Якутская, Беломорская, Южноафриканская, Австралийская и др.). Синтетические алмазы.

14. Цветные камни. Их минералогические и геммологические классификации. Россыпные, скарновые, пегматитовые и метаморфогенные месторождения рубина и сапфира (Бирма, Шри-Ланка, Австралия, Индия, Таиланд, США, Пакистан, Афганистан), пегматитовые и аллювиальные - аквамарина (США, Бразилия, Колумбия), грейzenовые и гидротермальные - изумруда (Урал, Колумбия, Зимбабве, ЮАР, Индия, Бразилия, Афганистан), аллювиальные, пегматитовые и грейzenовые месторождения с александритом (Бразилия, Шри-Ланка, Мадагаскар, США, Зимбабве, ЮАР, Индия, Пакистан, Урал) и ювелирным топазом (Украина, США, Бразилия, Мадагаскар). Месторождения благородных опалов в корах выветривания (Австралия). Промышленный синтез камнесамоцветного сырья. Техническое использование цветных камней.

15. Цементное сырье (карбонатные и глинистые породы). Состав и химико-техническая характеристика цементной шихты. Модули. Породы карбонатной составляющей цементной шихты: известняки, мел, мергели. Силикатные породы как часть шихты: глины, глинистые сланцы, активные минеральные добавки. Мергели-натуралы. Сравнительная характеристика Новороссийских и Вольских месторождений цементного сырья. Определяющие факторы промышленной оценки месторождений цементного сырья. Добавки в

цемент для улучшения его свойств: пуццоланы, опоки, трепелы, сульфатные породы и их главнейшие месторождения. Масштабы производства цемента в России и в мире.

16. Керамическое сырье (каолины, глины, керамические пегматиты, граниты, фарфоровые камни и др. породы). Главнейшие геолого-промышленные типы месторождений керамического сырья. Состав шихты для различных видов керамических изделий. Месторождения каолинов Великобритании, керамических пегматитов Финляндии, Сыннырское и Сакунское месторождения сынныритов. Гусерское месторождение фарфорового камня и др.

17. Стекольное сырье (кварцевые пески, песчаники и кварциты). Состав и химико-технологическая характеристика стекольной шихты. Силикатное стекло, растворимое стекло, ситаллы. Главнейшие геолого-промышленные типы стекольного кварцевого сырья. Месторождения кварцевых песков - Егановское, кварцевых и кварцитовидных песчаников - Черемшанское и др. Классификация по гранулометрическому и минеральному составу. Масштабы их добычи и области использования. Главнейшие генетические типы песчано-гравийных месторождений. Сычевское месторождение валунно-песчано-гравийных отложений. Строительные и облицовочные камни. Мраморы, граниты, лабрадориты, кварциты, известняки, туфы и др. породы. Получение глыб, блоков, пильной продукции с шлифовкой и полировкой - главнейшие стадии в обработке облицовочных материалов. Особенности оценки месторождений и их разработки. Шокшинское месторождение кварцитов, Коелгинское месторождение мраморов, Артикское месторождение туфов (Армения), Бодракское месторождение известняков (Крым, Украина) и др.

18. Легкие заполнители бетонов. Месторождения пород, используемых для получения легких строительных материалов (глины, шунгитовые сланцы, перлиты, кремнистые породы, гидрослюды и др.). Ельдигинское месторождение керамзитовых глин, шунгитовые месторождения Карелии, месторождения перлита в Нью-Мехико (США) и др.

19. Сырье для каменного литья (диабазы, габбро-диабазы, базальты, амфиболиты). Особенности исследования и оценки месторождений. Месторождения габбро-диабазов Прионежья.

20. Состав и свойства нефти и газа. Состав нефти: элементный, компонентный, фракционный, изотопный. Углеводородный состав нефти: алканы, цикланы, арены. Неуглеводородные компоненты нефти; смолы, асфальтены. Хемофоссилии. Физические свойства нефти, их связь с химическим составом. Основные классификации нефтей. Состав и физические свойства природных газов. Классификация природных газов. Конденсаты, конденсатные системы. Газогидраты. Твердые нафтиды - продукты природного преобразования нефти, их классификация, состав, свойства.

21. Условия образования нефти и газа. Горючие полезные ископаемые - наследие биосфер прошлого. Состав современной биосферы. Биомасса и биопродукция. Круговорот углерода в природе. Состав вещества живых организмов; белки, углеводы, липиды, лигнин. Природные ассоциации и их отражение в составе биомассы в геологической истории. Формы нахождения органическо-

го вещества (ОВ) в природе. Состав ОВ; растворимые и нерастворимые компоненты: битумоиды, гуминовые кислоты, нерастворимое органическое вещество (НОВ), кероген. Генетические типы ОВ, типы керогена. Преобразование ОВ в седиментогенезе и диагенезе. Автохтонное и аллохтонное ОВ в бассейне седиментации. Факторы, определяющие скорость накопления ОВ. Геохимические фации и критерии их выделения. Биохимический этап преобразования ОВ. Бактериальные маты и их роль в накоплении ОВ. Формирование основных фракций ОВ. Эволюция органического вещества в катагенезе. Основные шкалы катагенеза. Факторы катагенеза. Понятие о главной зоне и главной фазе нефтеобразования и фазах газообразования. Нефтегазоматеринские и нефтепроизводящие толщи, принципы их диагностики. Понятие о нефтегазоматеринском потенциале ОВ; свиты, толщи, формации. Основные положения осадочно-миграционной теории нефтеобразования Н.Б.Вассоевича. Современные модели нефтеобразования. Неорганические гипотезы образования нефти и газа.

22. Природные резервуары. Условия залегания нефти и газа в недрах. Коллекторы и флюидоупоры. Емкостные свойства коллекторов. Пористость, ее виды. Факторы, определяющие емкостные свойства. Фильтрационные свойства пород; проницаемость фазовая, относительная. Закон Дарси. Виды и типы коллекторов; первичные, вторичные; поровые, трещинные, кавернозные, биопустотные; терригенные, карбонатные, вулканогенные. Связь емкостных и фильтрационных свойств; нетрадиционные коллекторы: глинистые, карбонатные, кремнистые. Флюидоупоры, их типы. Региональные, зональные, локальные флюидоупоры. Факторы, снижающие свойства флюидоупоров. Нефтегазоносные комплексы, их типы. Природные резервуары и их типы: пластовые, массивные, ограниченные со всех сторон.

23. Миграция нефти и газа. Виды и типы миграции. Силы, обуславливающие перемещение нефти и газа. Давление геостатическое, гидростатическое, динамическое; гравитационные силы, молекулярные и капиллярные. Первичная миграция - эмиграция. Формы первичной миграции. Роль воды и газа в первичной миграции. Вторичная миграция - перемещение флюида в коллекторе; факторы, формы, скорость, дальность. Роль геологических факторов во вторичной миграции.

24. Аккумуляция нефти и газа. Экраны, виды и типы природных экранов: литологические, тектонические, гидродинамические. Ловушки, основное условие их формирования. Генетическая и морфологическая классификация ловушек. Залежи нефти и газа. Классификация залежей по типу ловушки, по составу флюидов, по режиму.

25. Месторождения нефти и газа. Классификация месторождений нефти и газа. Месторождения платформенных и складчатых областей, особенности строения, гигантские месторождения России, мира. Зональность в распределении нефти и газа. Представление о возрасте и продолжительности формирования месторождений (залежей). Разрушение залежей нефти и газа.

26. Закономерности распространения нефти и газа в земной коре. Нефтегеологическое районирование, нефтегазоносные провинции, нефтегазоносные пояса. Нефтегазоносные бассейны (НГБ) - основной элемент нефтегеологиче-

ского районирования. Районирование НГБ: нефтегазоносные области, ареалы зон нефтегазонакопления, зоны нефтегазонакопления, месторождения. Типы зон нефтегазонакопления. Классификация нефтегазоносных бассейнов. Основные нефтегазоносные бассейны России, СНГ, мира (Западно-Сибирский, Тимано-Печорский, Прикаспийский, Волго-Уральский, Персидского залива). Пространственное распределение скоплений нефти и газа по странам, континентам, стратиграфическому разрезу.

27. Твердые горючие ископаемые. Свойства и состав твердых горючих ископаемых (торф, уголь, горючий сланец). Марочный состав. Изменение химического состава и физических свойств углей в ряду метаморфизма. Петрология углей и горючих сланцев. Сапропелиты, их типы. Условия образования угленосной толщи, пластов углей (горючих сланцев). Понятие об угленосных формациях и фациях. Угленосные формации платформ, краевых прогибов, межгорных впадин. Закономерности распределения твердых горючих ископаемых в земной коре. Пояса углеобразования. Крупнейшие угольные бассейны России, СНГ, мира. Бассейны и месторождения горючих сланцев СНГ. Запасы углей, горючих сланцев в России, СНГ, мире. Направления использования. Твердые горючие ископаемые - сырье для получения жидких топлив, редких и рассеянных элементов.

2.1.16. КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ КАДРАМИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА

Ф.И.О.	должность	специальности
Авраменко С.М.	ст. преподаватель	130301