

Санкт-Петербургский государственный университет

**Геологический факультет
Кафедра минералогии**

МИНЕРАЛОГИЯ

**Методические указания
для студентов геологического факультета
специальности «Экологическая геология»**

**Санкт-Петербург
2003**

Утверждено на заседании кафедры минералогии

Составитель доц. ***А.А. Антонов***

Рецензент проф. ***В.Г. Кривовичев*** (С.-Петерб. гос. ун-т)

Представлена развернутая программа лекций по курсу «Минералогия» и систематика рассматриваемых минералов. Классификация минеральных видов адаптирована для практических и самостоятельных занятий. Методические указания предназначены для студентов I–II курсов геологического факультета специальности «Экологическая геология».

МИНЕРАЛОГИЯ
Методические указания для студентов
геологического факультета специальности
«Экологическая геология»

Тема 1. ПРЕДМЕТ И ИСТОРИЯ МИНЕРАЛОГИИ

Предмет минералогии и ее связь с другими геологическими дисциплинами, задачи и методы минералогии. Основные этапы истории формирования минералогии.

Связь минералогии с другими естественными науками и геологическими дисциплинами. Практическое значение минералогии как теоретической основы для поисков и рационального освоения минеральных ресурсов.

Определение понятия *минерал*. Объекты современной минералогии. Суть *описательного и генетического* направлений в минералогии.

Основные направления исследований теоретической, прикладной и экспериментальной минералогии. Практическое значение современной минералогии.

Тема 2. СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
МИНЕРАЛОВ

Число минералов в природе. Кларки химических элементов в земной коре.

Кристаллическое строение и химический состав вещества как взаимосвязанные основные характеристики минерала. Понятие полиморфов и изоструктурных соединений.

Типы химических связей между элементами в минералах. Особенности металлической, атомной, ионной и молекулярной связей, их влияние на свойства кристаллических веществ. Валентность и эффективные заряды атомов в кристаллической структуре минералов. Понятие о координационном числе. Атомные радиусы элементов и их влияние на координационное число. Эффективные радиусы ионов в кристаллах. Системы ионных радиусов. Устойчивость минералов. *Полиморфизм*.

Соединения постоянного и переменного химического состава. Понятие об *изоморфизме*. Ведущие факторы изоморфизма. Типы изоморфизма. Направленность изоморфных замещений. Влияние физико-химических условий минералообразования на совершенство изоморфизма. Физические свойства изоморфных смесей. Связь устойчивости изоморфных смесей и внешних термодинамических параметров. Понятие упорядоченности в минералах. Явления распада твердых растворов.

Формы нахождения воды в минералах. Особенности конституционной, кристаллизационной, цеолитной и адсорбционной воды.

Способы представления химического состава минералов. Понятие *минерального вида*. Современная *классификация* минералов.

Тема 3. **МОРФОЛОГИЯ МИНЕРАЛОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

Способы образования кристаллов в природе. Внешний облик и габитус кристаллов. Морфологические особенности минеральных индивидов, их зависимость от внутренней структуры минералов и от характера минералообразующей среды. Понятие о *типоморфизме*. Скульптурные элементы граней кристаллов. Штриховка и ее разновидности. Информативность морфологического изучения кристаллов при определении минералов и условий их образования.

Морфологические особенности минеральных *агрегатов*. Дендриты и скелетные кристаллы. Двойники. Расщепленные кристаллы. Зернистые агрегаты и их морфологическая классификация. Образование конкреций и оолитов. Разновидности друзовых агрегатов (друзы, щетки, секрции), особенности их роста. Влияние поверхностных свойств подложки на формирование друзовых агрегатов. Способы ориентировки кристаллов в процессе роста. Эпитаксия. Понятие о факторе геометрического отбора при образовании друз. Минералогические «отвесы». Механизм образования натечных агрегатов, их разновидности и строение. Землистые массы, налеты, примазки, выцветы.

Псевдоморфозы и их типы. Понятие о минеральных генерациях. Значение минеральных генераций и псевдоморфоз для выяснения последовательности образования минералов.

Тема 4. **ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ**

Оптические свойства минералов. *Окраска* минералов. Собственные и чужие окраски минералов и причины их возникновения. Понятие о хромофорах. Главнейшие хромофоры и связанные с ними типы окрасок минералов. Зависимость собственной окраски минералов от валентности и структурного положения хромофоров в кристаллической решетке вещества. Явления расщепления энергетических уровней *d*-орбиталей, переноса заряда, образования электронно-дырочных центров. Связь окраски минерала с состоянием кристаллического поля минералов. Анизотропия окраски и плеохроизм. Дисперсия показателей преломления. Александритовый эффект. Явления интерференции света.

Чужая окраска. Включения, пленки, побежалость.

Прозрачность минералов. *Блески* минералов, их минералогическая классификация. Влияние характера химической связи на блеск и прозрачность минерала.

Плотность минералов и ее зависимость от химического состава и структуры минералов.

Механические свойства минералов. Зависимость характера излома от особенностей кристаллической структуры минералов. Понятие и минералогическая классификация *спайности*. *Отдельность* и причины ее возникновения. *Твердость* минералов, ее зависимость от состава и внутреннего строения минералов. Способы определения твердости минералов. Различные шкалы твердости и их соразмерность.

Магнитные свойства минералов. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость минералов. Природа этих явлений.

Электрические свойства минералов. Электропроводность минералов. Причины, обуславливающие электропроводность. Ионная и электронная проводимость. Сегнетоэлектрические явления.

Прочие свойства минералов. Радиоактивность. Свойства, связанные с эффектом больших поверхностей.

Анизотропия свойств твердых веществ, ее связь со структурными особенностями минералов. Свойства минералов переменного состава.

Тема 5. **ПРОЦЕССЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ**

Понятие о минеральных месторождениях. Его генетическое и практическое содержание. Различные классификации месторождений. Понятия о минеральных ассоциациях и парагенезисах.

Кристаллизация твердого вещества из газовой, жидкой, твердой фаз. Роль гидротермальных растворов в образовании минералов. Перекристаллизация и метасоматоз.

Процессы кристаллизации магмы и формирование собственно *магматических* месторождений. Зависимость состава магматической горной породы от состава исходного расплава, классификация магматических горных пород. Основные этапы процесса кристаллизации магмы и последовательность выделения минералов. Порфировые вкрапленники и текстуры течения. Понятие о кристаллизационной дифференциации и ее роли в формировании магматических месторождений. Гравитационная и ликвационная дифференциация. Шлировый тип месторождений и характерные для него ассоциации элементов в месторождениях габброво-перидотитовой формации.

Образование остаточных расплавов. Свойства и миграционная способность остаточных магматических расплавов разного состава. Водные и солевые флюиды, их подвижность и рудогенерирующие особенности.

Пегматиты. Условия образования гранитных пегматитов. Морфологические особенности пегматитовых жил. Теории А.Е.Ферсмана и А.Н. Заварицкого об образовании пегматитов. Главные типы гранитных пегматитов, особенности их химического, минерального состава и условий образования.

Гидротермальные месторождения. Источники гидротермальных растворов, их влияние на химический состав растворов. Строение гидротермальных месторождений. *Стратиформные* месторождения. Текстурно-структурные особенности, характерные ассоциации минералов и полезные ископаемые. Метасоматические и секретационные жилы, особенности их образования. Последовательность формирования минеральных ассоциаций в рудных гидротермальных жилах. Формации гидротермальных месторождений, их характерные минералы.

Гидротермально-метасоматическое образование *грейзенов*. Площадные, околожильные и шокверковые грейзены. Главные и индикаторные минералы и полезные ископаемые.

Скарны. Геологическая позиция и механизм формирования. Стадии скарнообразования и типичные для них парагенезисы минералов. Зависимость минерального состава скарнов от химического состава горных пород исходного субстрата.

Факторы, обуславливающие формирование *экзогенных* минеральных месторождений.

Механическая дезинтеграция горных пород и образование *механических* осадков. Процессы химического выветривания. Формирование *химических* осадков при упаривании истинных растворов и при коагуляции коллоидов. Типичные минералы хемогенных месторождений и связанные с ними полезные ископаемые.

Механизм образования *инфильтрационных* осадков. Полезные ископаемые инфильтрационных месторождений.

Процессы минералообразования с участием живых организмов. Виды *биогенных* процессов: механическое накопление скелетов и раковин, концентрация веществ в скелете и тканях живых организмов, прямое минералообразование в организмах, избирательное адсорбирование и восстановление тяжелых металлов при гниении органических веществ.

Формирование *кор выветривания*. Зависимость характера образующихся парагенезисов от комплекса первичных минералов и от условий выветривания. Общие тенденции минералообразования при выветривании горных пород. Основные типы кор выветривания, их главные минералы и связанные с ними месторождения полезных ископаемых.

Процессы окисления рудных месторождений. Общая схема строения *зоны окисления*. Характерные минералы и индикаторные признаки рудных залежей.

Метаморфические месторождения. Главные факторы метаморфизма. Минералы – индикаторы условий температуры и давления. Фации метаморфизма, соответствующие им минеральные парагенезисы. Основные типы метаморфических месторождений. Альпийские жилы, их главные минералы. Диафторез. Полезные ископаемые метаморфических горных пород.

Тема 6. СИСТЕМАТИКА МИНЕРАЛОВ

Тип 1. **ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА**. Общая характеристика и условия образования простых веществ в природе. Типы химической связи в простых веществах, их влияние на свойства минералов. Классификация простых веществ.

Класс 1. МЕТАЛЛЫ

Группа меди. Особенности структуры и химического состава.

Медь	Cu, куб.
Серебро	Ag, куб.
Золото	Au, куб.

Группа железа

Феррит	Fe, куб. Im3m
Тэнит	Fe, куб. Fm3m

Группа платины. Особенности состава и свойства. Уральский и норильский типы коренных месторождений.

Платина	Pt, куб.
Осмий	Os, гекс.
Иридий	Ir, куб.

Класс 2. ПОЛУМЕТАЛЛЫ

Группа мышьяка

Мышьяк	As, триг.
Висмут	Bi, триг.

Класс 3. НЕМЕТАЛЛЫ

Группа серы. P-T диаграмма состояний вещества на примере серы. Структура серы. Типы месторождений и характерные минеральные ассоциации. Способы получения и утилизации самородной серы при разработке нефтяных месторождений.

Сера	S, ромб.
Розицкит	S, мон.

Группа углерода. Типы химических связей, кристаллическая структура алмаза и графита. Условия формирования и минеральные ассоциации алмазоносных пород.

Алмаз	C, куб.
Графит	C, гекс.

Класс 4. ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ

Группа ферроплатины

Изоферроплатина	Pt ₃ Fe, куб.
Тетраферроплатина	PtFe, тетр.
Ферроникельплатина	Pt ₂ FeNi, тетр.

Тип 2. СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ИХ АНАЛОГИ. Общее число сульфидов среди минералов земной коры. Характер химических связей и типы структур сульфидов. Зависимость кристалломорфологических и

физических свойств сульфидов от их структурных особенностей.
Классификация сульфидов.

Класс 1. ПРОСТЫЕ СУЛЬФИДЫ

Группа халькозина

Халькозин Cu_2S , мон.

Группа галенита. Структура галенита.

Галенит PbS , куб.

Алабандин MnS , куб.

Группа сфалерита

Сфалерит ZnS , куб.

Группа пирротина. Структура и кристаллохимические особенности пирротина.

Пирротин Fe_{1-x}S , мон.

Троилит FeS , гекс.

Никелин NiAs , гекс.

Группа киновари

Киноварь HgS , триг.

Группа стибнита. Структура стибнита.

Стибнит Sb_2S_3 , мон.

Висмутин Bi_2S_3 , мон.

Группа аурипигмента

Аурипигмент As_2S_3 , ромб.

Группа реальгара

Реальгар As_4S_4 , мон.

Группа молибденита. Структура молибденита.

Молибденит MoS_2 , гекс.

Класс 2. СЛОЖНЫЕ СУЛЬФИДЫ

Группа пентландита

Пентландит $\text{Fe}_5\text{Ni}_4\text{S}_8$, куб.

Группа халькопирита. Структура халькопирита.

Халькопирит CuFeS_2 , тетра.

Группа борнита

Борнит Cu_5FeS_4 , куб.

Группа ковеллина

Ковеллин Cu_2CuSS_2 , гекс.

Класс 3. СУЛЬФОСОЛИ

Группа прустита

Прустит $\text{Ag}_3(\text{SbS}_3)$, триг.

Пираргирит $\text{Ag}_3(\text{AsS}_3)$, триг.

Группа блеклых руд. Структура тетраэдрита. Особенности химического состава блеклых руд.

Тетраэдрит $(\text{Cu, Fe})_{12}(\text{SbS}_3)_3\text{S}$, куб.

Теннантит $(\text{Cu, Fe})_{12}(\text{AsS}_3)_3\text{S}$, куб.

Класс 4. ПЕРСУЛЬФИДЫ. Общая характеристика. Кристаллохимические особенности. Структура пирита.

Группа пирита

Пирит $\text{Fe}(\text{S}_2)$, куб.

Кобальтин $\text{Co}(\text{AsS})$, куб.

Герсдорфит $\text{Ni}(\text{AsS})$, куб.

Группа марказита

Марказит $\text{Fe}(\text{S}_2)$, ромб.

Арсенопирит $\text{Fe}(\text{AsS})$, ромб.

Группа скуттерудита

Скуттерудит $\text{Co}_4(\text{As}_4)_3$, куб.

Никельскуттерудит $\text{Ni}_4(\text{As}_4)_3$, куб.

Главные типы месторождений сульфидов и характерные минеральные ассоциации. Строение зоны окисления сульфидных руд. Характерные химические реакции преобразования сульфидов меди. Минералообразование при окислении сульфидов свинца и цинка, особенности строения зоны окисления свинцово-цинковых руд. Роль электролитических реакций в формировании зоны окисления сульфидных руд. Промышленное применение сульфидов. Практическое и поисковое значение окисленных сульфидных руд. Проблемы демеркуризации почв.

Тип 3. **КИСЛОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.** Общие сведения о кислородных соединениях. Роль кислорода в образовании кристаллических структур. Типы кислородных соединений и особенности их классификации. Распространенность кислородных соединений в земной коре.

Класс 1. ПРОСТЫЕ ОКСИДЫ

Группа куприта

Куприт Cu_2O , куб.

Группа корунда. Структура корунда. Морфологические особенности и причины отдельности в корунде. Зависимость физических свойств минералов группы от характера химических связей.

Корунд	Al_2O_3 , триг.
Гематит	Fe_2O_3 , триг.

Группа кварца. Диаграмма устойчивости и распространенность в природе полиморфных модификаций кремнезема. Структура, кристалломорфологические особенности и свойства α -кварца.

α -кварц	SiO_2 , триг.
β -кварц	SiO_2 , гекс.
α -тридимит	SiO_2 , ромб.
β -тридимит	SiO_2 , гекс.
α -кристобалит	SiO_2 , тетр.
β -кристобалит	SiO_2 , куб.
Коэсит	SiO_2 , мон.
Стишовит	SiO_2 , тетр.

Группа рутила

Рутил	TiO_2 , тетр.
Анализ	TiO_2 , тетр.
Брукит	TiO_2 , ромб.
Касситерит	SnO_2 , тетр.
Пирролюзит	MnO_2 , тетр.

Класс 2. СЛОЖНЫЕ ОКСИДЫ

Группа ильменита. Структура ильменита.

Ильменит	FeTiO_3 , триг.
Пирофанит	MnTiO_3 , триг.

Группа шпинели. Кристаллохимические особенности шпинелидов. Зависимость физических свойств шпинелидов от их химического состава.

Шпинель	MgAl_2O_4 , куб.
Магнетит	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$, куб.
Хромит	FeCr_2O_4 , куб.
Герцинит	FeAl_2O_4 , куб.

Группа хризоберилла

Хризоберилл	BeAl_2O_4 , ромб.
-------------	-----------------------------------

Группа колумбита

Ферроколумбит	FeNb_2O_6 , ромб.
Ферротанталит	FeTa_2O_6 , ромб.

Группа вольфрамита

Ферберит	FeWO_4 , мон.
Гюбнерит	MnWO_4 , мон.

Класс 3. ГИДРОКСИДЫ. Общая характеристика гидроксидов. Типы структур (на примере гидроксидов алюминия) и связанные с ними свойства минералов. Образование гидроксидов в природе и главные типы промышленных месторождений.

Гидроксиды магния

Брусит	$\text{Mg}(\text{OH})_2$, триг.
--------	----------------------------------

Гидроксиды алюминия

Гиббсит	$\text{Al}(\text{OH})_3$, мон.
Бемит	$\text{AlO}(\text{OH})$, ромб.
Диаспор	HAlO_2 , ромб.

Гидроксиды железа

Гетит	HFeO_2 , ромб.
Лепидокрокит	$\text{FeO}(\text{OH})$, ромб.

Гидроксиды марганца

Манганит	$\text{MnO}(\text{OH})$, мон.
Пирохроит	$\text{Mn}(\text{OH})_2$, триг.

Класс 4. СИЛИКАТЫ И ИХ АНАЛОГИ. Общая характеристика минералов класса. Характерные способы полимеризации кремний-кислородных тетраэдров. Типы кристаллических структур и физические свойства силикатов. Положение алюминия в кристаллической решетке силикатов. Классификация силикатов и их аналогов.

Подкласс 1. КАРКАСНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ

Общая характеристика каркасных алюмосиликатов. Схемы изоморфных замещений в минералах подкласса.

Группа полевых шпатов. Структурная упорядоченность полевых шпатов. Распад твердых растворов, его причины. Преобразование калий-натровых полевых шпатов при грейзенизации и выветривании.

Санидин	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, мон.
Ортоклаз	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, мон.
Микроклин	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, трикл.
Альбит	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, трикл.
Анортит	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$, трикл.
Цельзиан	$\text{Ba}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$, мон.

Группа лейцита

Лейцит $K(AlSi_2O_6)$, тетра.

Группа нефелина. Характерные типы минеральных месторождений. Продукты изменения нефелина.

Нефелин $Na_3K(AlSiO_4)_4$, гекс.

Группа скаполита

Мариалит $Na_4(AlSi_3O_8)_3Cl$, тетра.

Мейонит $Ca_4(Al_2Si_2O_8)_3(CO_3, SO_4)$, тетра.

Группа канкринита

Канкринит $Na_6Ca_2(AlSiO_4)_6(CO_3)_2 \cdot 3H_2O$, гекс.

Вишневит $Na_6Ca_2(AlSiO_4)_6(SO_4)_2 \cdot 3H_2O$, гекс.

Группа содалита

Содалит $Na_8(AlSiO_4)_6Cl_2$, куб.

Нозеан $Na_8(AlSiO_4)_6(SO_4)$, куб.

Гаюин $Na_6Ca_2(AlSiO_4)_6(SO_4)_2$, куб.

Лазурит $Na_6Ca_2(AlSiO_4)_6(SO_4, S_2)_2$, куб.

Группа цеолитов. Структурные особенности цеолитов. Физические свойства цеолитов, их практическое применение. Условия образования цеолитов.

Стильбит $Ca_{0,5}Na(Al_2Si_7O_{18}) \cdot 7H_2O$, мон.

Гейландит $Ca(Al_2Si_7O_{18}) \cdot 6H_2O$, мон.

Натролит $Na_2(Al_2Si_3O_{10}) \cdot 2H_2O$, ромб.

Сколецит $Ca(Al_2Si_3O_{10}) \cdot 3H_2O$, ромб.

Анальцим $Na(AlSi_2O_6) \cdot H_2O$, куб.

Шабазит $Ca(AlSi_2O_6)_2 \cdot 6H_2O$, триг.

Филлипсит $CaNa_2(Al_4Si_{14}O_{36}) \cdot 7H_2O$, мон.

Подкласс 2. ОСТРОВНЫЕ СИЛИКАТЫ. Общая характеристика минералов подкласса. Кристаллохимические особенности островных силикатов. Связь структурных особенностей и физических свойств.

Группа оливина

Форстерит $Mg_2(SiO_4)$, ромб.

Фаялит $Fe_2(SiO_4)$, ромб.

Тефроит $Mn_2(SiO_4)$, ромб.

Группа циркона. Структура циркона.

Циркон $Zr(SiO_4)$, тетра.

Торит $Th(SiO_4)$, тетра.

Группа граната. Главные изоморфные серии и типы месторождений.

Пироп	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$, куб.
Альмандин	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$, куб.
Спессартин	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$, куб.
Гроссулярь	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$, куб.
Андрадит	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$, куб.
Уваровит	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$, куб.

Группа гумита

Гумит	$Mg_7(SiO_4)_3F_2$, ромб.
Хондродит	$Mg_5(SiO_4)_2F_2$, мон.
Гидроксилклиногумит	$Mg_9(SiO_4)_4(OH)_2$, мон.

Группа кианита. Диаграмма устойчивости минералов группы кианита.

Кианит	$Al_2(SiO_4)O$, трикл.
Андалузит	$AlAl(SiO_4)O$, ромб.
Силлиманит	$Al(AlSiO_5)$, ромб.

Группа ставролита

Ставролит	$FeAl_4(SiO_4)_2O_2(OH)_2$, ромб.
-----------	------------------------------------

Группа топаза

Топаз	$Al_2(SiO_4)F_2$, ромб.
-------	--------------------------

Группа титанита

Титанит	$CaTi(SiO_4)O$, мон.
---------	-----------------------

Группа хлоритоида

Хлоритоид	$FeAl_2(SiO_4)O(OH)$, мон.
-----------	-----------------------------

Группа везувiana

Везувиян	$Ca_{19}Mg_4Al_8Fe(SiO_4)_{10}(Si_2O_7)_4(OH)_8$, тетра.
----------	---

Группа эпидота

Цоизит	$Ca_2Al_3(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$, ромб.
Клиноцоизит	$Ca_2Al_3(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$, мон.
Эпидот	$Ca_2(Al_2Fe)(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$, мон.

Подкласс 3. КОЛЬЦЕВЫЕ СИЛИКАТЫ. Общая характеристика кольцевых силикатов. Типы кольцевых анионных радикалов. Положение дополнительных анионов и кристаллизационной воды в структуре кольцевых силикатов.

Группа берилла. Структура берилла, типохимические особенности.

Берилл	$Be_3Al_2(Si_6O_{18})$, гекс.
--------	--------------------------------

Группа диоптаза

Диоптаз $\text{Cu}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, триг.

Группа турмалина. Структура турмалина на примере дравита. Особенности морфологических и физических свойств турмалинов.

Дравит $\text{NaMg}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, триг.

Шерл $\text{NaFe}^{2+}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, триг.

Бюргерит $\text{NaFe}^{3+}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3\text{O}_3\text{F}$, триг.

Эльбаит Na $(\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{1.5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, триг.

Группа эвдиалита

Эвдиалит $\text{Na}_{12}\text{Ca}_6\text{Fe}_3\text{Zr}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)(\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_3)_2$, триг.

Подкласс 4. ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ. Общая характеристика минералов подкласса. Главные типы кремний-кислородных радикалов.

Группа пироксенов. Структура пироксенов на примере диопсида. Наиболее распространенные схемы изоморфных замещений. Классификация пироксенов.

Энстатит $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$, ромб.

Ферросилит $\text{Fe}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$, ромб.

Диопсид $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, мон.

Геденбергит $\text{CaFe}^{2+}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, мон.

Жадеит $\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, мон.

Эгирин $\text{NaFe}^{3+}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, мон.

Сподумен $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, мон.

Группа волластонита

Волластонит $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$, трикл.

Группа родонита

Родонит $\text{CaMn}_4(\text{Si}_5\text{O}_{15})$, трикл.

Подкласс 5. ЛЕНТОЧНЫЕ СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ. Общая характеристика минералов подкласса. Главные типы кремний-кислородных радикалов

Группа амфиболов. Структура амфиболов на примере тремолита. Кристаллохимические особенности амфиболов. Главные изоморфные ряды. Классификация амфиболов. Сравнительная характеристика пироксенов и амфиболов.

Антофиллит $\square\text{Mg}_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ромб.

Ферроантофиллит $\square\text{Fe}_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ромб.

Жедрит	$\square\text{Mg}_5\text{Al}_2(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ромб.
Холмквистит	$\square\text{Li}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ромб.
Тремолит	$\square\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, мон.
Ферроактинолит	$\square\text{Ca}_2\text{Fe}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, мон.
Эденит	$\text{NaCa}_2\text{Mg}_5(\text{AlSi}_7\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, мон.
Гастингсит	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, мон.
Арфведсонит	$\text{Na}_3(\text{Fe}_4\text{Fe})(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, мон.

Группа астрофиллита

Астрофиллит	$\text{KNa}_2\text{Fe}_3\text{Mn}_2\text{Ti}_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{OH})_7$, трикл.
-------------	---

Подкласс 6. СЛОИСТЫЕ СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ. Общая характеристика минералов подкласса. Понятие слоя и пакета в кристаллохимии слоистых силикатов и алюмосиликатов. Классификация минералов. Процессы образования слоистых силикатов и алюмосиликатов в природе. Типохимизм слоистых силикатов и алюмосиликатов.

Группа каолинита. Структура каолинита.

Каолинит	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, трикл.
Диккит	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, мон.

Группа серпентина. Структура хризотила.

Хризотил	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, мон.
Антигорит	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, мон.
Лизардит	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, мон.

Группа пирофиллита. Структура пирофиллита.

Пирофиллит	$\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
------------	---

Группа талька. Структура талька.

Тальк	$\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
-------	---

Группа слюд. Структуры мусковита и флогопита.

Мусковит	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
Парагонит	$\text{NaAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
Флогопит	$\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
Аннит	$\text{KFe}^{2+}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
Тетраферрифлогопит	$\text{KMg}_3(\text{FeSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
Тайниолит	$\text{K}(\text{LiMg}_2)(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{F}_2$, мон.
Полилитионит	$\text{K}(\text{Li}_2\text{Al})(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{F}_2$, мон.
Трилитионит	$\text{K}(\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{1.5})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})\text{F}_2$, мон.
Глауконит	$\text{K}_{1-x}(\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+})(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, мон.
Вермикулит	$(\text{Mg}_{0.5}\text{nH}_2\text{O})\text{Mg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2$, мон.

Группа хлорита

Клинохлор	$Mg_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$, мон.
Шамозит	$Fe_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$, мон.

Группа палыгорскита

Палыгорскит	$Mg_5(Si_4O_{10})_2(OH)_2 \cdot 8H_2O$, мон.
-------------	---

Группа пренита

Пренит	$Ca_2Al(AlSi_3O_{10})(OH)_2$, ромб.
--------	--------------------------------------

Класс 5. ФОСФАТЫ, АРСЕНАТЫ, ВАНАДАТЫ. Общая характеристика минералов класса. Примеры комплексных анионов, типы химических связей. Кислые, нормальные и основные соли, их распространенность. Основные типы кристаллических структур. Кристаллохимические особенности безводных солей и кристаллогидратов.

Группа апатита. Структура апатита.

Фторапатит	$Ca_5(PO_4)_3F$, гекс.
Хлорапатит	$Ca_5(PO_4)_3Cl$, гекс.
Гидроксилapatит	$Ca_5(PO_4)_3(OH)$, гекс.
Пироморфит	$Pb_5(PO_4)_3Cl$, гекс.
Ванадинит	$Pb_5(VO_4)_3Cl$, гекс.
Миметизит	$Pb_5(AsO_4)_3Cl$, гекс.

Группа вивианита

Вивианит	$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, мон.
Эритрин	$Co_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, мон.
Аннабергит	$Ni_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, мон.

Группа бирюза

Бирюза	$CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$, трикл.
--------	---

Класс 6. СУЛЬФАТЫ. Общая характеристика минералов класса. Особенности химического состава и физических свойств. Устойчивость водных и безводных сульфатов. Классификация сульфатов.

Группа барита

Барит	$Ba(SO_4)$, ромб.
Целестин	$Sr(SO_4)$, ромб.
Англезит	$Pb(SO_4)$, ромб.

Группа ангидрита

Ангидрит	$Ca(SO_4)$, ромб.
----------	--------------------

Группа гипса. Структура гипса. Условия образования и дегидратации гипса.

Гипс $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, мон.

Группа алуниита

Алуниит $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, триг.

Класс 7. ХРОМАТЫ, ВОЛЬФРАМАТЫ, МОЛИБДАТЫ. Общая характеристика минералов класса.

Группа крокоита

Крокоит $\text{Pb}(\text{CrO}_4)$, мон.

Группа шеелита. Структура шеелита. Условия образования шеелита.

Шеелит $\text{Ca}(\text{WO}_4)$, тетр.

Повеллит $\text{Ca}(\text{MoO}_4)$, тетр.

Вульфенит $\text{Pb}(\text{MoO}_4)$, тетр.

Класс 8. БОРАТЫ. Общая характеристика минералов класса. Главные типы боро-кислородных анионных групп. Особенности химического состава боратов. Классификация боратов. Условия образования и типы месторождений боратов.

Группа котоита

Котоит $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)_2$, ромб.

Группа людовигита

Людовигит $\text{Mg}_2\text{Fe}(\text{BO}_3)_2\text{O}_2$, ромб.

Группа ссайбелиита

Ссайбелиит $\text{Mg}_2(\text{B}_4\text{O}_4(\text{OH}))(\text{OH})$, ромб.

Группа гидроборацита

Гидроборацит $\text{CaMg}(\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, мон.

Группа сассолина

Сассолин $\text{H}_3(\text{BO}_3)$, трик.

Класс 9. КАРБОНАТЫ. Общая характеристика минералов класса. Химический состав карбонатов. Структурные особенности карбонатов на примере кальцита и арагонита. Классификация карбонатов. Кристалломорфология и физические свойства карбонатов. Условия образования карбонатов.

Группа кальцита

Кальцит	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$, триг.
Сидерит	$\text{Fe}(\text{CO}_3)$, триг.
Магнезит	$\text{Mg}(\text{CO}_3)$, триг.
Родохрозит	$\text{Mn}(\text{CO}_3)$, триг.

Группа доломита

Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, триг.
Анкерит	$\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$, триг.

Группа арагонита

Арагонит	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$, ромб.
Стронцианит	$\text{Sr}(\text{CO}_3)$, ромб.
Церуссит	$\text{Pb}(\text{CO}_3)$, ромб.

Группа малахита

Малахит	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$, мон.
Азурит	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$, мон.

Класс 10. НИТРАТЫ. Общая характеристика минералов класса.

Тип 4. ГАЛОГЕНИДЫ. Общие сведения о галогенных соединениях. Количество минералов и их распространенность, химический состав и характерные виды химической связи в галогенидах. Классификация галогенидов.

Класс 1. ФТОРИДЫ

Группа флюорита. Структура и химический состав флюорита.

Флюорит	CaF_2 , куб.
---------	-----------------------

Класс 2. ХЛОРИДЫ

Группа галита. Структура галита.

Галит	NaCl , куб.
Сильвин	KCl , куб.

Группа карналита

Карналит	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ромб.
----------	--

Тема 7. МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ И ПАРАГЕНЕЗИСЫ

Текстурно-структурные особенности, геохимическая специализация, главные и индикаторные минералы основных типов минеральных месторождений:

- осадочные горные породы (механические, хемогенные, биогенные, инфильтрационные);
- ультраосновные и основные магматические горные породы;
- руды ликвационного типа;
- гранитоиды, их пегматиты;
- грейзены;
- щелочные магматические горные породы и их производные;
- эффузивные горные породы и продукты вулканических эксгалаций;
- колчеданные месторождения;
- известковые и магнезиальные скарны;
- гидротермальные рудные жилы;
- стратиформные месторождения;
- регионально-метаморфические горные породы;
- жилы альпийского типа;
- коры выветривания (латеритная бокситовая, силикатно-никелевая, железистая, каолининовая, соляная);
- зоны окисления медно-железистых и свинцово-цинковых руд.

ЛИТЕРАТУРА

- Бетехтин А.Г.* Курс минералогии. М., 1961.
- Булах А.Г.* Минералогия с основами кристаллографии. М., 1989.
- Булах А.Г.* Общая минералогия. СПб., 1999.
- Годовиков А.А.* Введение в минералогию. Новосибирск, 1971.
- Годовиков А.А.* Минералогия. М., 1983.
- Золотарев А.А., Крылова Л.Я.* Определитель минералов. СПб., 1996.
- Ильинский Г.А.* Физические свойства минералов. СПб., 1992.
- Лазаренко Е.К.* Курс минералогии. М., 1971.
- Миловский А.В., Кононов О.В.* Минералогия. М., 1982.

Подписано в печать с оригинала-макета 14.02.2004.
Ф-т 60x84/16. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,18. Тираж 100 экз.
Заказ №

РОПИ С.-Петербургского государственного университета.
199034, С.-Петербург, Университетская наб., 7/9.

ЦОП типографии Издательства СПбГУ .
199061, С.-Петербург, Средний пр., 41.