

Министерство образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет
Геологический факультет

Программа общей дисциплины

«Минералогия»

Специальность 511000 – Геология

Лекций 75 час.
Практические занятия 80 час.

Тема 1. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ МИНЕРАЛОГИИ

Определение понятия минерал и содержание минералогии как науки. Описательное и генетическое направления в минералогии. Основные задачи минералогической науки – выяснение истории минералов земной коры, закономерностей их совместного нахождения, условий образования и разрушения.

Связь минералогии с другими геологическими дисциплинами: петрографией, кристаллографией, геохимией и учением о месторождениях полезных ископаемых. Связи минералогии с химией и физикой. Основные этапы истории минералогии.

Тема 2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛОВ

Ограниченность числа минералов в природе. Общие положения о взаимосвязях кристаллической структуры, химического состава и свойствах минералов. Основные типы химических связей элементов в минералах. Понятие об основном и возбужденных состояниях атома, валентные состояния, гибридные атомные орбитали sp^3 , sp^2 , sp^3d^2 и др.. Особенности ионной, атомной (гомополярной), металлической и межмолекулярной связей. σ - и π -связи. Химические связи промежуточного характера. Зависимость характера химической связи от строения внешних электронных оболочек. Понятие о координационном числе. Основные типы кристаллических структур. Зависимость свойств минералов от типа химической связи. Понятие о полиморфизме и политипии. Параморфозы. Типы дефектов в структуре минералов.

Соединения постоянного и переменного химического состава. Понятие об изоморфизме. Типы изоморфизма. Факторы, определяющие характер и полноту изоморфных замещений в минералах. Аддитивность физических свойств изоморфных смесей и ее значение для определения химического состава минералов. Зависимость устойчивости минералов переменного состава от условий их образования и преобразования. Порядок-беспорядок в минералах. Явления распада твердых растворов. Физические смеси и их разновидности. Проявления неоднородности химического состава и свойств минералов (скопления примесей, дефектов кристаллической решетки, включений реликтов минералообразующих сред и твердых фаз). Зональное и секториальное строение минеральных индивидов.

Роль воды в минералах. Конституционная, кристаллизационная и адсорбционная вода, их особенности и разновидности.

Эмпирические и кристаллохимические формулы минералов.

Тема 3. МОРФОЛОГИЯ МИНЕРАЛОВ И ИХ АГРЕГАТЫ.

Морфология минеральных индивидов, их зависимость от кристаллической структуры минералов и от условий их образования. Двойники. Морфологические особенности минеральных агрегатов. Зернистые агрегаты и их классификация. Конкреции, оолиты, бобовины, секрции (жеоды, миндалины). Особенности их строения и механизм образования. Друзы, кристаллические щетки и корки. Условия их образования. Понятие о геометрическом отборе при образовании друз. Признаки пространственной ориентировки кристаллов в процессе их роста. Дендриты и скелетные кристаллы. Натечные агрегаты и их разновидности, строение и механизм возникновения. Землистые массы, налеты, примазки, выцветы.

Тема 4. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ.

Оптические свойства минералов. Прозрачность, окраска и блеск минералов. Собственные (идиохроматические), чуждые (аллохроматические) и ложные (псевдохроматические) окраски минералов и причины их возникновения. Понятие об элементах-хромофорах. Зависимость собственных окрасок минералов от валентности и структурного положения хромофоров в решетке минералов. Теория кристаллического поля. Блески минералов, их разновидности и причины возникновения.

Механические свойства минералов. Излом и спайность, их зависимость от внутренней структуры минералов. Минералогическая классификация спайности. Отдельность и причины ее возникновения. Твердость минералов, ее зависимость от состава и внутреннего строения минералов. Анизотропия твердости. Активная и пассивная твердость. Способы определения твердости минералов. Шкала Мооса. Упругость и гибкость минералов. Ковкость минералов.

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

Люминесцентные свойства минералов. Флюоресценция и фосфоресценция. Люминофоры. Пиро-, трибо- и пьезоэлектрические свойства минералов. Магнитные, электрические и другие свойства минералов.

Тема 5. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ В ПРИРОДЕ

Понятия «минеральное месторождение», «минеральная ассоциация» и «парагенезис минералов». Зависимость минеральных парагенезисов от химического состава среды и физико-химических условий процессов минералообразования.

Физико-химические факторы процессов минералообразования и методы их оценки. Онтогенез и филогенез минералов и их агрегатов (генезис минеральных индивидов и агрегатов). Зарождение, рост, изменение и разрушение минералов и их агрегатов. Анатомия индивидов минералов и их сростков, дефектность кристаллов, зональность, параморфозы и псевдоморфозы.

Химический состав и агрегатное состояние (газообразное, жидкое, твердое) минералообразующих сред. Особенности кристаллизации минералов из расплавов, водных растворов и газовой фазы. Произведение растворимости и растворимость минералов. Влияние температуры, давления, кислотности-щелочности и окислительно-восстановительного потенциала минералообразующей среды на отложение и растворение минералов. Комплексные соединения элементов, их устойчивость и значения для переноса и отложения вещества из растворов.

Методы оценки основных параметров минералообразующей среды (химического состава, температуры, давления и др.). Термобарометрия. Методы гомогенизации, криометрии и декрепитации реликтов минералообразующих сред в минералах. Методы оценки химического состава минералообразующих растворов. Минералы и их ассоциации как геотермометры и геобарометры.

Главные типы процессов минералообразования и характерные для них минеральные месторождения. Эндогенные и экзогенные процессы. Основные различия эндогенного и экзогенного минералообразования.

Процессы кристаллизации магмы и формирование собственно-магматических месторождений. Основные этапы процесса кристаллизации магмы и последовательность выделения минералов. Понятие о кристаллизационной дифференциации и ее роли в формировании собственно магматических месторождений. Ликвация расплавов. Этап конечной кристаллизации магм. Особенности поведения остаточных магматических расплавов в зависимости от их состава и тектонической обстановки. Процессы дифференциации остаточных расплавов.

Условия образования и особенности химического состава пегматитов. Морфологические и структурные особенности пегматитовых жил. Представления А.Е.Ферсмана и В.Д.Никитина о генезисе пегматитов. Главные типы гранитных пегматитов (редкоземельный, калиево-боровый, натрово-литиевый, фторо-бериллиевый), особенности их химического состава и условий образования.

Условия возникновения контактово-метасоматических месторождений скарнового типа и характерные для них минеральные ассоциации.

Гидротермальные месторождения. Грейзены. Морфологические особенности гидротермальных жил. Секреционные и метасоматические жилы и механизм их образования. Стадийность процессов минералообразования. Понятие о генерациях минералов. Метасоматоз. Псевдоморфозы и их типы. Последовательность образования минералов в жилах. Условия формирования гидротермальных жил. Классификация гидротермальных месторождений в зависимости от глубины и температуры их формирования. Современные представления о характере и составе гидротермальных растворов, формах переноса рудообразующих элементов и причины выпадения их в виде минералов.

Процессы минералообразования в условиях метаморфизма. Понятие о региональном и контактовом метаморфизме. Физико-химические процессы при региональном метаморфизме. Понятие о фациях регионального метаморфизма и характерных для них минеральных ассоциациях. Жилы альпийского типа, особенности их минерального состава и условий образования. Процессы контактового метаморфизма. Роговики.

Процессы минералообразования в зоне выветривания и осадконакопления. Понятие о физическом и химическом выветривании. Процессы минералообразования в зоне окисления сульфидно-рудных месторождений. Строение зоны окисления. Минералы, характерные для зоны окисления сульфидных гидротермальных жил. Особенности химического и минерального состава остаточных продуктов выветривания. Перенос продуктов выветривания и формирование осадков. Механический перенос и образование россыпных концентраций минералов (месторождений). Коллоидно-химические осадки и характерные для них месторождения. Гидрохимические осадки и особенности их минерального состава. Роль живых организмов в процессах минералообразования в зоне выветривания и осадконакопления.

Тема 6. СИСТЕМАТИКА МИНЕРАЛОВ.

Принципы современной классификации минералов. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Критерии выделения типов, классов, подклассов и групп минералов. Правило 50% при выделении минеральных видов в изоморфных смесях.

Тип I. ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА. Общая характеристика типа. Химическая классификация простых веществ. Процессы, приводящие к возникновению простых веществ в природе.

Класс 1. Металлы.

Группа меди (куб.): медь Cu, серебро Ag, золото Au. Структура меди. *Группа железа* (куб.): феррит Fe, тэнит (Ni,Fe). *Группа платины*: 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: сера S (ромб.), розицит S (мон.). Структура серы. *Группа углерода*: алмаз C (куб.), лондейлит C (гекс.), графит (гекс.). Структуры алмаза и графита

Класс 4. Интерметаллиды.

Группа ферроплатины: изоферроплатина Pt₃Fe (куб.), тетраферроплатина PtFe (тетр.), ферроникельплатина Pt₂FeNi (тетр.).

Тип II. СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ИХ АНАЛОГИ. Общая характеристика типа. Химические элементы, встречающиеся в мине-ралах этого типа. Особенности химической связи элементов в сернистых соединениях и влияние ее на физические свойства минералов. Условия образования сернистых соединений и их аналогов в природе. Типы анионов и принципы классификации сернистых соединений.

Класс 1. Простые сульфиды.

Подкласс 1. (координационной структуры).

Группа халькозина: халькозин Cu₂S (мон.). *Группа аргентита*: аргентит Ag₂S (куб.), акантит Ag₂S (мон.). *Группа галенита*: галенит PbS (куб.), алабандин MnS (куб.). Структура галенита. *Группа сфалерита*: сфалерит ZnS (куб.). Структура сфалерита. *Группа пирротина*: троилит FeS (гекс.), пирротин Fe_{1-x}S (мон.), никелин NiAs (гекс.). Структура троилита.

Подкласс 2. (цепочечной структуры).

Группа миллерита: миллерит NiS (триг.). *Группа киновари*: киноварь HgS (триг.). *Группа стибнита* (мон.): стибнит Sb₂S₃, висмутин Bi₂S₃. Структура стибнита.

Подкласс 3 (слоистой структуры).

Группа аурипигмента: аурипигмент As₂S₃ (ромб.). *Группа молибденита*: молибденит MoS₂ (гекс.). Структура молибденита.

Подкласс 4. (кольцевой структуры).

Группа реальгара: реальгар As₄S₄ (мон.). Структура реальгара.

Класс 2. Сложные сульфиды.

Подкласс 1. (координационной структуры).

Группа пентландита: пентландит Fe₅Ni₄S₈ (куб.). *Группа талнахита*: талнахит Cu₉Fe₈S₁₆ (куб.). *Группа халькопирита* (тетр.): халькопирит CuFeS₂, станнин Cu₂FeSnS₄. Структура халькопирита. *Группа борнита*: борнит Cu₅FeS₄ (куб.). *Группа грейгита*: грейгит FeFe₂S₄ (куб.).

Подкласс 2. (слоистой структуры).

Группа ковеллина: ковеллин Cu₂CuS(S₂) (гекс.).

Класс 3. Сульфосоли.

Подкласс 1 (островной структуры).

Группа прустита (триг.): прустит Ag₃(AsS₃), пираргирит Ag₃(SbS₃). Структура прустита. *Группа энаргита* (ромб.): энаргит Cu₃(AsS₄). *Группа тетраэдрита (блеклых руд)* (куб.): теннантит Cu₁₂(AsS₃)₄S, тетраэдрит Cu₁₂(SbS₃)₄S. Структура тетраэдрита. *Группа полибазита*: полибазит Ag₁₆(Sb₂S₄)₇ (мон.).

Подкласс 2 (цепочечной структуры).

Группа джемсонита (мон.): джемсонит Pb₄Fe(Sb₃S₇)₂. *Группа буланжерита* (мон.): буланжерит Pb₅(Sb₂S₄)₂S₃

Класс 4. Персульфиды и их аналоги.

Группа пирита (куб.): пирит Fe(S₂), кобальтин Co(AsS), герсдорфит Ni(AsS). Структура пирита. *Группа марказита* (ромб.): марказит Fe(S₂), арсенопирит Fe(AsS), леллингит Fe(As₂),

раммельсбергит $\text{Ni}(\text{As}_2)$. *Группа скуттерудита* (куб.): скуттерудит $\text{Co}_4(\text{As}_4)_3$, никельскуттерудит $\text{Ni}_4(\text{As}_4)_3$.

Тип III. КИСЛОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. Общая характеристика типа. Отличие оксидов от сернистых соединений. Классификация.

Класс 1. Простые оксиды.

Группа льда: лед H_2O (гекс.). *Группа куприта:* куприт Cu_2O (куб.). *Группа периклаза:* периклаз MgO (куб.). *Группа корунда* (гекс.): корунд Al_2O_3 , гематит Fe_2O_3 . Структура корунда. *Группа уранинита:* уранинит UO_2 (куб.). *Группа кварца:* α -кварц SiO_2 (триг.), β -кварц SiO_2 (гекс.), α -тридимит SiO_2 (ромб.), β -тридимит SiO_2 (гекс.), α -кristобалит SiO_2 (тетр.), β -кristобалит SiO_2 (куб.), коэсит SiO_2 (мон.), стишовит SiO_2 (тетр.). Структура α -кварца. *Группа рутила:* рутил TiO_2 (тетр.), анатаз TiO_2 (тетр.), брукит TiO_2 (ромб.), касситерит SnO_2 (тетр.), пиролюзит MnO_2 (тетр.), рамделлит MnO_2 (ромб.). Структура рутила.

Класс 2. Сложные оксиды.

Группа ильменита (гекс.): ильменит FeTiO_3 , гейкилит MgTiO_3 , пирофанит MnTiO_3 . Структура ильменита. *Группа браунита:* браунит MnMnO_3 (тетр.). *Группа шпинели* (куб.): шпинель MgAl_2O_4 , герцинит FeAl_2O_4 , ганит ZnAl_2O_4 , магнетит FeFe_2O_4 , хромит FeCr_2O_4 , магнезиохромит MgCr_2O_4 . Структура шпинели. *Группа гаусманита:* гаусманит MnMn_2O_4 (тетр.). *Группа хризоберилла* (ромб.): хризоберилл BeAl_2O_4 . *Группа перовскита* (куб.): перовскит CaTiO_3 , луешит NaNbO_3 , лопарит $(\text{Na}_{0.5}\text{Ce}_{0.5})\text{NbO}_3$. Структура перовскита. *Группа эшинита:* эшинит CeTiNbO_6 (ромб.). *Группа пирохлора* (куб.): пирохлор $\text{NaCaNb}_2\text{O}_6\text{F}$, микролит $\text{NaCaTa}_2\text{O}_6\text{F}$. *Группа ферроколумбита* (ромб.): ферроколумбит FeNb_2O_6 , ферротанталит FeTa_2O_6 . *Группа самарскита:* самарскит YNbO_4 (мон.). *Группа вольфрамита* (мон.): гюбнерит MnWO_4 , ферберит FeWO_4 . *Группа романешита* (мон.): романешит $(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{3+})_5\text{O}_{10}$, тодорокит $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{4+}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Класс 3. Гидроксиды.

Общая химическая и кристаллохимическая характеристика гидроксидов. Типы химических связей в гидроксиде. Зависимость физических свойств гидроксидов от их кристаллической структуры. Принципы классификации гидроксидов. Условия образования гидроксидов в природе.

Группа гидроксидов магния: брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (триг.). Структура брусита. *Группа гидроксидов алюминия:* гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$ (мон.), бемит $\text{AlO}(\text{OH})$ (ромб.), диаспор HAlO_2 (ромб.). Структура гиббсита. *Группа гидроксидов железа* (ромб.): гетит HFeO_2 , лепидокрокит $\text{FeO}(\text{OH})$. *Группа гидроксидов марганца:* пирохроит $\text{Mn}(\text{OH})_2$ (триг.), манганит $\text{MnO}(\text{OH})$ (мон.), гроутит $\text{MnO}(\text{OH})$ (ромб.), асболан $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Mn}_2\text{O}_4(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (гекс.).

Класс 4. Силикаты и их аналоги (алюмосиликаты, боро-силикаты и др.).

Общая характеристика силикатов, распространенность силикатов в земной коре. Современные представления о химической конституции и строении силикатов. Особенности химической связи между кремнием и кислородом в силикатах. Структурные типы анионных групп в силикатах. Алюмосиликаты и их аналоги. Главнейшие схемы изоморфных замещений в силикатах. Общие физические признаки силикатов и зависимость их от типа структуры и химического состава минералов этого класса. Принципы классификации.

Подкласс 1. (каркасной структуры). Общая характеристика.

а) простые каркасные алюмосиликаты. *Группа полевых шпатов:* 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.). Схема структуры полевых шпатов. Современные представления об изоморфизме и структурной упорядоченности калиево-натриевых полевых шпатов и плагиоклазов. *Группа данбурита:* данбурит $\text{Ca}(\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ (ромб.). *Группа лейцита:* лейцит $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ (тетр.), поллуцит $\text{Cs}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ (куб.). *Группа нефелина* (гекс.): нефелин $\text{Na}_3\text{K}(\text{AlSiO}_4)_4$, кальсилит $\text{K}(\text{AlSiO}_4)$. Структура нефелина.

б) каркасные алюмосиликаты с добавочными анионами. *Группа скаполита* (тетр.): мариалит $\text{Na}_4(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_3\text{Cl}$, мейонит $\text{Ca}_4(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_3(\text{CO}_3)$. *Группа канкринита* (гекс.): канкринит $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_6(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, вишневит $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_6(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. *Группа содалита* (куб.): содалит $\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6\text{Cl}_2$, нозеан $\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4)$, гаюин $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4)_2$, лазурит $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4)_2\text{S}_2$. Структура содалита. *Группа гельвина:* гельвин $\text{Mn}_4(\text{BeSiO}_4)_3\text{S}$ (куб.).

в) водные каркасные алюмосиликаты (цеолиты). Кристаллохимические особенности цеолитов и влияние их на состав и свойства минералов этого семейства. *Группа гейландита* (мон.): гейландит $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, стильбит $\text{Ca}_{0.5}\text{Na}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. *Группа натролита* (ромб.): натролит $\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, сколецит $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. *Группа анальцима:* анальцим $\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$ (куб.). *Группа шабазита:* шабазит $\text{Ca}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (триг.).

Подкласс 2. (островной структуры). Общая характеристика островных силикатов как самостоятельного структурного типа.

а) Ортосиликаты с изолированными группами $[\text{SiO}_4]^{4-}$. *Группа оливина* (ромб.): форстерит $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$, фаялит $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$, тефроит $\text{Mn}_2[\text{SiO}_4]$, монтичеллит $\text{CaMg}[\text{SiO}_4]$. Структура форстерита. *Группа фенакита* (триг.): фенакит $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$, виллемит $\text{Zn}_2[\text{SiO}_4]$. *Группа циркона* (тетр.): циркон $\text{Zr}_2[\text{SiO}_4]$, торит $\text{Th}_2[\text{SiO}_4]$, коффинит $\text{U}[\text{SiO}_4]$. Структура циркона. *Группа граната* (куб.): пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, спессартин $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$, уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$, кнорингит $\text{Mg}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$. *Группа гумита*: норбергит $\text{Mg}_3[\text{SiO}_4]\text{F}_2$ (ромб.), хондродит $\text{Mg}_5[\text{SiO}_4]_2\text{F}_2$ (мон.), гумит $\text{Mg}_7[\text{SiO}_4]_3\text{F}_2$ (ромб.), клиногумит $\text{Mg}_9[\text{SiO}_4]_4\text{F}_2$ (мон.). Структура норбергита. *Группа кианита*: кианит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ (трикл.), андалузит $\text{AlOAl}[\text{SiO}_4]$ (ромб.), силлиманит $\text{Al}(\text{AlSiO}_5)$ (ромб.). *Группа ставролита*: ставролит $\text{FeAl}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_2$ (ромб.). *Группа топаза*: топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}$ (ромб.). *Группа титанита*: титанит $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$ (трикл.). *Группа хлоритоида*: хлоритоид $\text{FeAl}_2[\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})_2$ (мон.).

б) Орто-диортосиликаты с изолированными группами $[\text{SiO}_4]^{4-}$ и $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$. *Группа везувiana*: везувиян $\text{Ca}_{10}\text{Al}_4\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH})_4$ (тетр.). *Группа эпидота*: цоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$ (ромб.), клиноцоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$ (мон.), эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Fe})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$ (мон.), алланит $(\text{CaCe})(\text{Al}_2\text{Fe})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$ (мон.), пьомонтит $\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Mn})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$ (мон.).

в) Диортосиликаты с изолированными группами $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$. *Группа меллита* (тетр.): акерманит $\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$, геленит $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_7]$. *Группа мозандрита*: мозандрит (ринкит) $\text{NaCaCeTi}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}_2$ (трикл.). *Группа гемиморфита*: гемиморфит $\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (ромб.). *Группа лампрофиллита*: лампрофиллит $\text{Na}_2\text{Sr}_2\text{Ti}_3[\text{SiO}_4]_4(\text{OH},\text{F})_2$ (мон.).

Подкласс 3. (кольцевой структуры). Основные типы анионных радикалов.

Группа берилла: берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ (гекс.). Структура берилла. *Группа кордиерита*: кордиерит $\text{Mg}_2\text{Al}_2(\text{AlSi}_5\text{O}_{18})$ (ромб.). Структура кордиерита. *Группа диоптаза*: диоптаз $\text{Ca}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (триг.). *Группа турмалина* (триг.): дравит $\text{NaMg}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, шерл $\text{NaFe}^{2+}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, бюргерит $\text{NaFe}^{3+}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3\text{O}_3\text{F}$, увит $\text{CaMg}_3(\text{Al}_5\text{Mg})(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, эльбаит $\text{Na}(\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{1.5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$. Структура дравита. *Группа эвдиалита*: эвдиалит $\text{Na}_{12}\text{Ca}_6\text{Fe}_3\text{Zr}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)_2(\text{Si}_9\text{O}_{24})(\text{OH})_3$ (триг.). *Группа аксинита*: аксинит $\text{Ca}_4\text{Fe}_2\text{Al}_4(\text{B}_2\text{Si}_8\text{O}_{30})(\text{OH})_2$ (трикл.). Структура аксинита.

Подкласс 4. (цепочечной структуры). Общая характеристика.

Группа пироксенов. Химические и структурные особенности пироксенов. Структура диопсида. Главнейшие изоморфные ряды и принципы классификации пироксенов.

а) магнезиально-железистые: энстатит $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$ (ромб.), ферросилит $\text{Fe}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$ (ромб.), клиноэнстатит $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$ (мон.), клиноферросилит $\text{Fe}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$ (мон.).

б) кальцевые (мон.): диопсид $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, геденбергит $\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, иохансенит $\text{CaMn}(\text{Si}_2\text{O}_6)$.

в) натриевые (мон.): жадеит $\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, эгирин $\text{NaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, космохлор $\text{NaCr}(\text{Si}_2\text{O}_6)$.

г) литиевые (мон.): сподумен $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$. *Группа волластонита* (трикл.): волластонит $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$, пектолит $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Si}_3\text{O}_8)(\text{OH})$. *Группа родонита*: родонит $\text{CaMn}_4(\text{Si}_5\text{O}_{15})$ (трикл.).

Подкласс 5. (ленточной структуры). Общая характеристика. Типы основных радикалов.

Группа астрофиллита: астрофиллит $\text{KNa}_2\text{Fe}_5\text{Mn}_2\text{Ti}_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{OH})_7$ (трикл.). *Группа чароита*: чароит $\text{K}_5\text{Ca}_8(\text{Si}_6\text{O}_{15})_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{Si}_4\text{O}_9)(\text{OH},\text{F}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (мон.).

Группа амфиболов. Химические и структурные особенности минералов группы амфиболов. Структура тремолита. Главнейшие изоморфные ряды и принципы классификации амфиболов.

а) магнезиально-железисто-литиевые: антофиллит $\square\text{Mg}_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (ромб.), ферроантофиллит $\square\text{Fe}^{2+}_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (ромб.), жедрит $\square\text{Mg}_5\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (ромб.), феррожедрит $\square\text{Fe}^{2+}_5\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (ромб.), холмквистит $\square\text{Li}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (ромб.), куммингтонит $\square\text{Mg}_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (мон.), грюнгерит $\square\text{Fe}^{2+}_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (мон.), клинохолмквистит $\square(\text{Li}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2)(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ (мон.).

б) кальцевые (мон.): тремолит $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ферроактинолит $\square\text{Ca}_2\text{Fe}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, эденита $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_7\text{AlO}_{22})(\text{OH})_2$, ферроэдениит $\text{NaCa}_2\text{Fe}_5(\text{Si}_7\text{AlO}_{22})(\text{OH})_2$, гастингсит $\text{NaCa}_2(\text{Fe}_4\text{Fe})(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, чермакит $\square\text{Ca}_2(\text{Mg}_3\text{AlFe})(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, феррочермакит $\square\text{Ca}_2(\text{Fe}_3\text{AlFe}^{3+})(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ферричермакит $\square\text{Ca}_2(\text{Mg}_3\text{Fe}_2)(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, магнезиогорнблендит $\square\text{Ca}_2(\text{Mg}_4\text{Al})(\text{Si}_7\text{AlO}_{22})(\text{OH})_2$, феррогорнблендит $\square\text{Ca}_2(\text{Fe}_4\text{Al})(\text{Si}_7\text{AlO}_{22})(\text{OH})_2$.

в) натриево-кальцевые (мон.): рихтерит $\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, феррорихтерит $\text{Na}(\text{CaNa})\text{Fe}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, винчит $\square(\text{CaNa})(\text{Mg}_4\text{Al})(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ферровинчит $\square(\text{CaNa})(\text{Fe}_4\text{Al})(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$.

г) натриевые (мон.): глаукофан $\square\text{Na}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, ферроглаукофан $\square\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2)(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, рибекит $\square\text{Na}_2(\text{Fe}_3\text{Fe}_2)(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, экерманнит $\text{NaNa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$, арфведсонит $\text{NaNa}_2(\text{Fe}_4\text{Fe})(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$.

Подкласс 6. (слоистой структуры). Общая характеристика слоистых силикатов и алюмосиликатов. Структурные особенности слоистых силикатов и алюмосиликатов и принципы их классификации.

А. С простыми сетками тетраэдров

Группа 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.),

накрит $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ (мон.), галлуазит $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (мон.). Структура каолинита.
Группа серпентина (мон.): хризотил $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, антигорит $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, лизардит $\text{Mg}_6(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_8$, амезит $\text{Mg}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_4$, гриналит $\text{Fe}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, непунит $\text{Ni}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$. Структуры хризотила, лизардита и антигорита. *Группа пирофиллита*: пирофиллит $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ (мон.). Структура пирофиллита.
Группа талька: тальк $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ (мон.). Структура талька.
Группа смектитов (мон.): бейделлит $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, нонтронит $\text{Fe}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, сапонит $\text{Mg}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Структура бейделлита.

Группа слюд (мон.)

Подгруппа собственно слюд

а) Диоктаэдрические: мусковит $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, парагонит $\text{NaAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, селадонит $\text{K}(\text{Fe}^{3+}\text{Mg})(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, ферроселадонит $\text{K}(\text{Fe}^{3+}\text{Fe}^{2+})(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, алюиноселадонит $\text{K}(\text{AlMg})(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$. Структура мусковита.
б) Триоктаэдрические: флогопит $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, аннит $\text{KFe}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, сидерофиллит $\text{K}(\text{Fe}_2\text{Al})(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, истонит $\text{K}(\text{Mg}_2\text{Al})(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, тетраферрифлогопит $\text{KMg}_3(\text{FeSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2$, тайниолит $\text{K}(\text{LiMg}_2)(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{F}_2$, полилитионит $\text{K}(\text{Li}_2\text{Al})(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{F}_2$, трилитионит $\text{K}(\text{Li}_{1,5}\text{Al}_{1,5})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})\text{F}_2$. Структура флогопита.

Подгруппа хрупких слюд

а) Диоктаэдрические: маргарит $\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$. Структура маргарита.
б) Триоктаэдрические: клинтонаит $\text{Ca}(\text{Mg}_2\text{Al})(\text{Al}_3\text{SiO}_{10})(\text{OH})_2$.

Подгруппа слюд с дефицитом межслоевых катионов

а) Диоктаэдрические: иллит $\text{K}_{0,65}\text{Al}_{2,0}(\text{Al}_{0,65}\text{Si}_{3,35}\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, глауконит $\text{K}_{0,8}(\text{Fe}^{3+}_{1,33}\text{Mg}_{0,67})(\text{Al}_{0,13}\text{Si}_{3,87}\text{O}_{10})(\text{OH})_2$.
б) Триоктаэдрические: вонезит $\text{Na}_{0,5}(\text{Mg}_{2,5}\text{Al}_{0,5})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, вермикулит $(\text{Mg}_{0,5}n\text{H}_2\text{O})\text{Mg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$.
Группа хлорита (мон.): клинохлор $(\text{Mg}_5\text{Al})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$, шамозит $(\text{Fe}_5\text{Al})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$, пеннантит $(\text{Mn}_5\text{Al})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$, Cr-хлорит $(\text{Mg}_5\text{Cr})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$, нимит $(\text{Ni}_3\text{Mg}_2\text{Al})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$. Структура клинохлора.

В. Со сложными сетками тетраэдров

Группа палыгорскита (мон.): палыгорскит $\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, сепиолит $\text{Mg}_8(\text{Si}_6\text{O}_{15})_2(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Структура палыгорскита. *Группа хризоколы*: хризокола $\text{Cu}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (мон.). *Группа пренита*: пренит $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ (ромб.). Структура пренита. *Группа датолита*: датолит $\text{Ca}(\text{BSiO}_4)(\text{OH})$ (мон.). Структура датолита.

Класс 5. Фосфаты, арсенаты, ванадаты. Общая характеристика класса. Кристаллохимические особенности фосфатов и их аналогов. Ассоциации химических элементов в фосфатах, арсенатах и ванадатах. Принципы классификации.

Группа монацита: монацит $\text{Ce}(\text{PO}_4)$ (мон.). *Группа ксенотима*: ксенотим $\text{Y}(\text{PO}_4)$ (тетр.).
Группа апатита (гекс.): фторапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, хлорапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, гидроксилapatит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, карбонат-гидроксилapatит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2(\text{CO}_3\text{OH})(\text{OH})$, пироморфит $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, ванадинит $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$, миметезит $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$. Структура апатита. *Группа вивианита* (мон.): вивианит $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, эритрин $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, аннабергит $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. *Группа скородита*: скородит $\text{Fe}(\text{AsO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ромб.).
Группа урановых слюдок: торбернит $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \div 12\text{H}_2\text{O}$ (тетр.), отенит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (тетр.), тюамунит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{V}_2\text{O}_8) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (ромб.), карнотит $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{V}_2\text{O}_8) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (ромб.). Структура отенита.
Группа бирюзы: бирюза $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (трикл.).

Класс 6. Сульфаты. Общая характеристика класса. Особенности химического состава и физических свойств сульфатов. Классификация.

Группа барита (ромб.): барит $\text{Ba}(\text{SO}_4)$, целестин $\text{Sr}(\text{SO}_4)$, англезит $\text{Pb}(\text{SO}_4)$. Структура барита.
Группа ангидрита: ангидрит $\text{Ca}(\text{SO}_4)$ (ромб.). *Группа гипса*: гипс $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (мон.). Структура гипса.
Группа тенардита: тенардит $\text{Na}_2(\text{SO}_4) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (ромб.). *Группа мирабилита*: мирабилит $\text{Na}_2(\text{SO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ (мон.).
Группа блёдита: блёдит $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (мон.). *Группа квасцов*: калиевые квасцы $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (куб.).
Группа алунита (триг.): алунит $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, ярозит $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$. *Группа эпсомита*: эпсомит $\text{Mg}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ромб.), мелантерит $\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (мон.).

Класс 7. Хроматы, вольфраматы, молибдаты. Общая характеристика класса.

Группа крокоита: крокоит $\text{Pb}(\text{CrO}_4)$ (мон.). *Группа шеелита* (тетр.): шеелит $\text{Ca}(\text{WO}_4)$, вульфенит $\text{Pb}(\text{MoO}_4)$, повеллит $\text{Ca}(\text{MoO}_4)$. Структура шеелита.

Класс 8. Бораты. Общая характеристика класса боратов. Кристаллохимические особенности бора и типы анионных групп в боратах. Принципы классификации боратов. Условия нахождения боратов в природе.

Подкласс 1. (каркасной структуры).

Группа борацита: борацит $\text{Mg}_3(\text{B}_7\text{O}_{12})\text{OCl}$ (ромб.).

Подкласс 2 (островной структуры).

Группа котоита: котоит $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)_2$ (ромб.). *Группа людвигита*: людвигит $\text{Mg}_2\text{Fe}(\text{BO}_3)\text{O}_2$ (ромб.).

Группа ссайбелиита: ссайбелиит $\text{Mg}_2(\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH}))(\text{OH})$ (ромб.).

Подкласс 3 (кольцевой структуры).

Группа иньюита: иньюит $\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (мон.). *Группа буры:* бора (боракс) $\text{Na}_2(\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (мон.).

Подкласс 4. (ленточной структуры) .

Группа гидроборацита (мон.): гидроборацит $\text{CaMg}(\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, колеманит $\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Подкласс 5. (слоистой структуры) .

Группа сассолина: сассолин $\text{B}(\text{OH})_3$ (трикл.)

Класс 9. Карбонаты. Общая характеристика класса. Особенности химического состава и структуры карбонатов. Главнейшие изоморфные ряды карбонатов и принципы их классификации. Общие условия генезиса карбонатов.

Группа кальцита (триг.): кальцит $\text{Ca}(\text{CO}_3)$, магнезит $\text{Mg}(\text{CO}_3)$, сидерит $\text{Fe}(\text{CO}_3)$, родохрозит $\text{Mn}(\text{CO}_3)$, смитсонит $\text{Zn}(\text{CO}_3)$. Структура кальцита. *Группа доломита* (триг.): доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, анкерит $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$, кутнагорит $\text{CaMn}(\text{CO}_3)_2$. Структура доломита. *Группа арагонита* (ромб.): арагонит $\text{Ca}(\text{CO}_3)$, стронцианит $\text{Sr}(\text{CO}_3)$, витерит $\text{Ba}(\text{CO}_3)$, церуссит $\text{Pb}(\text{CO}_3)$. *Группа малахита* (мон.): малахит $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$, азурит $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. *Группа карбонатов натрия:* натрон (сода) $\text{Na}_2(\text{CO}_3) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (мон.), термонаитрит $\text{Na}_2(\text{CO}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$, натрит $\text{Na}_2(\text{CO}_3)$ (мон.), нахколит $\text{Na}(\text{CO}_2\text{OH})$ (мон.). *Группа ниеририта:* ниеририт $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ (ромб.) *Группа бастнезита:* бастнезит $\text{Ce}(\text{CO}_3)\text{F}$ (триг.).

Класс 10. Нитраты. *Группа нитратина:* нитратин $\text{Na}(\text{NO}_3)$ (триг.). *Группа селитры:* селитра $\text{K}(\text{NO}_3)$ (ромб.).

Тип IV. ГАЛОИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. Общая характеристика типа. Особенности химического состава, структуры, физических свойств и условий образования галоидных соединений. Классификация.

Класс 1. Фториды. *Группа флюорита:* флюорит CaF_2 (куб.). Структура флюорита. *Группа виллиомита:* виллиомит NaF (куб.). *Группа криолита:* криолит Na_3AlF_6 (мон.).

Класс 2. Хлориды. *Группа галита* (куб.): галит NaCl , сильвин KCl . Структура галита. *Группа хлораргирита:* хлораргирит AgCl (куб.). *Группа карналлита:* карналлит $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ромб.). *Группа бишофита:* бишофит $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (мон.). *Группа атакамита:* атакамит $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ (ромб.).

Тема 7. МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ И ПАРАГЕНЕЗИСЫ.

Понятия «минеральное месторождение», «минеральная ассоциация» и «парагенезис минералов».

Минеральные ассоциации важнейших комплексов магматических горных пород: (а) ультраосновных (дуниты, перидотиты, пироксениты) и основных (семейство габбро) горных пород и связанных с ними месторождениях хромита, платины, титаномагнетита и сульфидов меди и никеля; (б) щелочно-ультраосновных (оливинитах, пироксенитах, ийолит-мельтейгитах) и связанных с ними месторождениях карбонатитового типа; (в) нефелиновых сиенитов и связанных с ними апатитовых и редкометалльных месторождениях; (г) сиенитов и гранитов; (д) эффузивных горных пород.

Минеральные ассоциации в (а) в гранитных (редкоземельных, калиево-боровых, натриево-литиевых и фтор-бериллиевых), (б) сиенитовых и (в) нефелин-сиенитовых пегматитах.

Минеральные ассоциации (а) известковых и (б) магнезиальных скарнов.

Минеральные ассоциации: (а) в грейзенах; (б) в жильных месторождениях олово-молибден-вольфрамовой, полиметаллической, колчеданной, свинцово-цинковой, никель-кобальт-урановой (пятиэлементной), барито-флюоритовой и сурьмянно-ртутной формаций.

Минеральные ассоциации и парагенезисы в метаморфических горных породах: (а) в филлитах и «зеленых» сланцах, амфиболитах, кристаллических сланцах, гнейсах, эклогитах; (б) в роговиках.

Минеральные ассоциации и парагенезисы, связанные с процессами выветривания и осадконакопления: а) кор выветривания (на гранито-гнейсовом субстрате, на горных породах базальтоидного состава, на ультраосновных породах); (в) зоны окисления рудных месторождений; (б) в осадочных горных породах (механических, коллоидно-химических, гидрохимических и биогенных осадках).

Тема 8. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ГЛАВНЫЕ ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОЙ МИНЕРАЛОГИИ

Основные направления современной теоретической минералогии (кристаллохимия минералов, физика минералов, биоминералогия, микроминералогия, наноминералогия). Практическое значение минералогии как теоретической основы для поисков и рационального освоения минеральных ресурсов. Основные направления прикладной минералогии (методы диагностики минералов, определение минерального состава горных пород и руд, установление морфологии, химического состава и свойств минералов, поисковая минералогия, технологическая минералогия, техническая минералогия, минералогическая геммология, синтез минерального сырья).

Основные проблемы и главные задачи современной минералогии: (а) изучение закономерностей сонахождения минералов в природе как научной основы для расширения минерально-сырьевой базы страны; (б) исследование состава и свойств минералов с целью наиболее рационального и комплексного

использования их в различных областях техники и промышленности; (в) изучение и охрана уникальных по научной ценности минеральных месторождений России.

Рекомендуемая литература (основная)

- Бетехтин А.Г.* Курс минералогии. М.: Госгеолтехиздат. 1961. 542 с.
Булах А.Г. Минералогия с основами кристаллографии. М.: Недра. 1989. 351 с.
Булах А.Г. Общая минералогия. СПб.: Изд. СПбГУ. 1999. 356 с.
Булах А.Г., Золотарев А.А., Кривовичев В.Г. Классификация, формулы и структуры минералов. СПб.: Изд. СПбГУ. 2003. 152 с.
Золотарев А.А., Крылова Л.А. Определитель минералов для студентов. СПб.: Изд. СПбГУ. 1995.
Лазаренко Е.К. Курс минералогии. М.: Высшая школа. 1971. 602 с.
Миловский А.В., Кононов О.В. Минералогия. М.: Изд. МГУ. 1982. 312 с.

2. Рекомендуемая литература (дополнительная)

- Барабанов В.Ф.* Генетическая минералогия. Л.: Недра, 1977. 327с.
Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. М.: Недра, 1976. 344 с.
Берри Л., Мейсон Б., Дитрих Р. Минералогия. М.: Мир, 1987. 592 с.
Брэгг У.Л., Кларингбулл Г.Д. Кристаллическая структура минералов. М.: Мир, 1967. 390 с.
Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам. М.: Недра, 1992. 489 с.
Годовиков А.А. Введение в минералогия. Новосибирск: 1973. 256 с.
Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1983. 647 с.
Доливо-Добровольский В.В. Кристаллохимия. СПб.: Изд. СПбГИ, 1999. 118 с.
Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П. Теория симметрии кристаллов. М.: ГЕОС, 2000. 394 с.
Здорик Т.Б., Фельдман Л.Г. Минералы и горные породы. Т.1. Ювелирные камни и драгоценные металлы. М.: Изд-во «АВФ», 1998. 752 с.
Изоитко В.М. Технологическая минералогия и оценка руд. СПб.: Наука, 1997. 532 с.
Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н. Геология месторождений поделочных камней. М.: Недра, 1983. 263 с.
Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н., Гаврилов А.Н. Геология месторождений драгоценных камней. М.: Недра, 1982. 279 с.
Кораго А.А. Введение в биоминералогия. СПб., Недра, 1992. 280 с.
Кухаренко А.А. Минералогия россыпей. Госгеолтехиздат, 1961. 318 с.
Минералогическая энциклопедия / Под ред. К.Фрей. Л.: Недра. 1985. 512 с.
Перепелицын В.А. Основы технической минералогии и петрографии. М.: Недра, 1988. 255 с.
Смит Г. Драгоценные камни. М.: Мир, 1980.
Станкеев Е.А. Генетическая минералогия. М.: Недра. 1986. 272 с.
Херблат К., Клейн К. Минералогия по системе Дэна. М.: Недра, 1982. 728 с.