



**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Кафедра минералогии, кристаллографии и петрографии**

Допущены  
к проведению занятий в 2016-2017 уч.году  
Заведующий кафедрой

«31» августа 2016 г.  М.А. Иванов

**ТЕКСТЫ ЛЕКЦИЙ**  
по учебной дисциплине

**«КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ»**  
**ЧАСТЬ 2. МИНЕРАЛОГИЯ**

**Специальность (направление подготовки): 21.05.02 «Прикладная геология»**

**Специализация (профиль): «Прикладная геохимия, кристаллография, минералогия» (МГП); «Геологическая съемка, поиски и разведка полезных ископаемых» (РМ)**

**Разработал: профессор М.А. Иванов**

*Обсуждены и одобрены на заседании кафедры  
Протокол № 1 от 29 августа 2016 г.*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
**2016**

## Лекция № 1

### «Введение в учебную дисциплину «Минералогия»»

#### **Учебный вопрос №1. Предмет, цели и задачи минералогии.**

##### 1.1. Понятие о минерале:

- определение понятия минерал как химического соединения и физического тела;
- место минералов в ряду объектов материального мира разного уровня организации;
- понятие «минеральный вид» и «минеральный индивид»;
- минералы определенного и переменного состава, правило «50%»;
- синтетические (искусственные) минералы.

##### 1.2. Цель изучаемой дисциплины:

- общеобразовательная, мировоззренческая;
- научная, отвечающая профессии геолога.
- практическое (социально-экономическое) значение минералогии.

##### 1.3. Задачи дисциплины:

- знание теоретических основ и основных понятий минералогии;
- знание классификации минералов и их характеристик;
- освоение методики и умения визуальной диагностики важнейших породообразующих и рудных минералов;
- анализ генетических признаков и определение условий образования минералов;
- оценка практической ценности минералов.

#### **Учебный вопрос №2. Связь дисциплины со смежными дисциплинами.**

2.1. Минералогия и фундаментальные дисциплины (химия, физика, математика).

2.2. Минералогия и другие геологические дисциплины (кристаллография, кристаллохимия, кристаллооптика, петрография, учение о месторождениях полезных ископаемых и др.).

#### **Учебный вопрос №3. Историческая справка.**

3.1. Ранний (доисторический) этап.

3.2. Зарождение знаний о минералах в Шумерах, Египте, Греции.

3.3. Становление минералогии как науки (от средних веков до начала 20-го века, крупнейшие ученые).

3.4. Минералогия - современное состояние.

3.5. Российское минералогическое общество. Международная минералогическая ассоциация (ММА).

#### **Учебный вопрос №4. Методы минералогии.**

4.1. Полевые методы (наблюдение, минералогическое картирование).

4.2. Лабораторные методы (принципиальные возможности):

- изучение морфологии и внутреннего строения;

- определение химического состава;
- изучение кристаллической структуры;
- спектроскопия;
- ядерные методы.

**Учебный вопрос №5. Обзор рекомендуемой учебной, справочной, нормативной и специальной литературы (в соответствии с учебной программой дисциплины).**

5.1. Учебная литература, рекомендуемая для освоения теоретических основ минералогии.

5.2. Учебная литература, рекомендуемая для работы с минералогическими коллекциями и для составления конспекта свойств минералов.

5.3. Научная литература по специальным вопросам минералогии.

5.4. Правила пользования кафедральной библиотекой и библиотекой Российского минералогического общества.

**Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Что такое минерал?
2. Что такое минеральный вид и индивид?
3. Сколько известно минеральных видов?
4. Что такое «правило 50%» при определении минеральных видов переменного состава?
5. Выдающиеся минералоги 20 века?
6. Принципы полевых и лабораторных методов исследования минералов?
7. Что такое локальные методы исследования состава и структуры минералов?
8. Какие кристаллографические методы исследования важны при изучении минералов?
9. Чем определяется практическая ценность минералов?
10. Почему синтетический рубин нельзя называть просто рубином?

**Лекция № 2**

**«Основы конституции минералов»**

**Учебный вопрос №1. Понятие о конституции минералов**

1.1. Взаимообусловленность состава, строения, морфологии и свойств минералов

1.2. Конституция как понятие высшей минералогии.

**Учебный вопрос №2. Структурные единицы минералов и их взаимосвязь в минералах.**

2.1. Атомы и ионы как структурные единицы минералов в кристаллической решетке.

2.2. Влияние электронного состояния атомов на их взаимосвязь в кристаллах:

- показатели энергетического состояния атомов (модель Бора);
- типы химических связей атомов в минералах
- представления о направленности и симметрии химических связей в минералах.
- эффективный ионный радиус катионов и анионов;
- изменение ионного радиуса при окислении (на примере сульфидной и сульфатной серы);
- координационное число и координационный многогранник.

### **Учебный вопрос №3. Типы кристаллических структур минералов.**

3.1. Использование принципа плотнейших упаковок шаров при описании кристаллических структур.

- гексагональная и кубическая упаковка;
- октаэдрические и тетраэдрические пустоты.

3.2. Типы структур (зарисовки моделей):

- координационная;
- островная;
- цепочечная;
- слоистая.

3.3. Влияние структуры на морфологию и свойства минералов.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Что такое конституция минералов?
2. Влияние энергетического (электронного) состояния атомов на характер их взаимосвязи в кристаллических структурах?
3. Как определяется эффективный ионный радиус?
4. Изменение ионного радиуса серы в процессе ее окисления?
5. Какое координационное число атомов, расположенных по принципу плотнейших упаковок шаров?
6. В каком соотношении находятся октаэдрические и тетраэдрические пустоты в плотнейших упаковках шаров?
7. Какая морфология характерна для минералов разных типов структуры?
8. Какой плотностью, твердостью и спайностью отличаются минералы разных типов кристаллической структуры?

### **Лекция № 3**

### **«Изоморфизм минералов»**

#### **Учебный вопрос №1. Понятие об изоморфизме.**

1.1. Принцип изоморфного замещения атомов.

1.2. Изоморфные смеси, твердые растворы, изоморфные примеси, изоморфные ряды:

- пример системы «пирит – катьерит»;
- изоморфные примеси в пирите и сфалерите.

1.3. Понятие о минеральной форме примесей в минералах (не путать с изоморфными на примере золота и кобальта в пирите).

### **Учебный вопрос №2. Причины изоморфизма.**

- 2.1. Геологические – на примере сфалерита (клеюфан, марматит).
- 2.2. Кристаллохимические – значение ионного радиуса, правило Паулинга.

### **Учебный вопрос №3. Типы изоморфизма**

- 3.1. Совершенный (на примерах групп вольфрамита и ряда плагиоклаза).
- 3.2. Несовершенный (на примерах системы «мусковит-флогопит – аннит» и группы турмалина).
- 3.3. Изовалентный (на примере сфалерита, галенита, полевого шпата).
- 3.4. Гетеровалентный (на примере кварца и плагиоклаза).
- 3.5. Представления о направленности изоморфных замещений (ряды А.Е. Ферсмана).

### **Учебный вопрос №4. Зависимость изоморфизма от температуры, давления и химизма среды.**

- 4.1. Изменение изоморфной емкости в зависимости от РТ-условий.
- 4.2. Явление распада твердого раствора (на примерах полевых шпатов и звездчатого корунда), астеризм.
- 4.3. Явление «очищения» золота в россыпях.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Что такое изоморфизм?
2. Формы вхождения химических примесей в минералы?
3. Приведите примеры изоморфных замещений в минералах.
4. Причины вхождения изоморфных примесей в минералы?
5. Приведите пример минералов с гетеровалентным изоморфизмом.
6. Как меняется изоморфная емкость минералов с изменением температуры среды?
7. Что такое «звездчатый рубин» или «звездчатый сапфир»?
8. Почему самородное золото в россыпях более высокой пробы по сравнению с золотом коренных эндогенных месторождений?

## **Лекция № 4.**

### **«Полиморфизм минералов»**

#### **Учебный вопрос №1. Понятие о полиморфизме.**

- 1.1. Суть явления на примере графита и алмаза.
- 1.2. Противопоставление понятий о полиморфизме и изоморфизме.
- 1.3. Понятие о полиморфных модификациях (почему нельзя путать «параморфозы» с «псевдоморфозами»).

#### **Учебный вопрос №2. Типы полиморфизма.**

- 2.1. Классификация полиморфизма.
- 2.2. Полиморфизм необратимый:
  - на примере РТ-диаграммы «графит-алмаз»;
  - на примере РТ-диаграммы «кианит-силлиманит, андалузит».
  - понятие о метастабильных полиморфных модификациях.
- 2.3. Полиморфизм обратимый:
  - анализ РТ-диаграммы минералов группы кремнезема;
  - понятие о «сотовом кварце» и его генетическом значении;
  - морфологические признаки полиморфных превращений (на примере высокотемпературного и низкотемпературного кварца);

### **Учебный вопрос №3. Политипия.**

- 3.1. Принцип политипии в минералах слоистой структуры.
- 3.2. Политипные модификации:
  - пример гексагонального и тригонального графита и молибденита;
  - политипы минералов группы слюд (пример мусковита и биотита).

### **Учебный вопрос №4. Структурная упорядоченность.**

- 4.1. Принцип «порядка-беспорядка» в структуре кристаллов.
- 4.2. Примеры минералов с разной структурной упорядоченностью:
  - упорядоченность меди и железа в халькопирите;
  - алюминий-кремний упорядоченность в полевых шпатах.
- 4.3. Факторы, влияющие на степень структурной упорядоченности минералов (температура кристаллизации, скорость охлаждения, вода и другие летучие компоненты).

### **Учебный вопрос №5. Метамиктность.**

- 5.1. Сущность явления метамиктного распада в минералах.
- 5.2. Причины метамиктности.
- 5.3. Пример циркона и его превращения в малакон.
- 5.4. Признаки метамиктного состояния минерала.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Что такое полиморфная модификация? Приведите примеры.
2. Что называют параморфозой и псевдоморфозой?
3. Что такое обратимый и необратимый полиморфизм?
4. Температура  $\alpha/\beta$ -перехода кварца?
5. Как возникает «сотовый» кварц?
6. Что называют метастабильной полиморфной модификацией?
7. Чем гексагональный графит отличается от тригонального?
8. Почему неупорядоченный полевой шпат характерен для вулканических пород, а упорядоченный – для магматических интрузивных?
9. Как процессы деформации и воздействие гидротермальных растворов влияет на степень структурной упорядоченности минералов?

10. Как метамиктный циркон (малакон, циртолит) отличить от обычного нематамиктного циркона?

## Лекция № 5

### **«Генезис минералов»**

#### **Учебный вопрос №1. Содержание понятия «генезис минералов».**

1.1. Абстрактный перенос понятия: ответ на вопрос ребенка о происхождении сосны (аналогия с минералом).

1.2. Онтогенез и филогенез минералов

1.3. Способы образования минералов.

1.4. Условия образования минералов:

- физико-химические;
- геологические.

#### **Учебный вопрос №2. Онтогенез минералов.**

2.1. Способы зарождения индивидов и их признаки:

- зарождение гомогенное в расплаве, растворе, газе (на примерах льда, снега, магматических пород, примеров «минералогических отвесов»);
- зарождение на затравках индивидов этого-же минерального вида (пример зарождение горного хрусталя на зернах кварца, составляющих кварцит);
- зарождение на затравках индивидов другого минерального вида;
- зарождение эпитактическое (на примерах «кварц-рутил», «письменные граниты»).

2.2. Признаки роста минералов:

- скелетные формы роста (гранные, реберные, вершинные);
- двойники и тройники (простые и полисинтетические, гранные и осевые - на примерах кварца и хризоберилла);
- зональность индивидов и агрегатов;
- секториальность индивидов;
- блочность и расщепление индивидов (на примерах возникновения сферолитов и «железных роз»);
- типы штриховок на поверхности индивидов (комбинационная, индукционная, двойниковая);
- сингенетические включения (минеральные и газовой-жидкие);
- возрастные взаимоотношения индивидов;
- явление геометрического отбора минеральных индивидов агрегатах.

#### **Учебный вопрос №3. Изменение (метаморфизм) минералов.**

3.1. Признаки механических деформаций.

3.2. Признаки вторичного двойникования.

3.3. Упорядочение структуры и распад твердого раствора (на примере полевых шпатов);

3.4. Изменение химизма (на примере полевых шпатов в пегматитах).

3.5. Изменение свойств (цвета, термолюминесценции и др.).

3.6. Возникновение вторичных минеральных и газовой-жидких включений в результате деформаций и гетерометрии.

#### **Учебный вопрос №4. Исчезновение минералов.**

4.1. Признаки частичного и полного растворения.

4.2. Псевдоморфозы и «антикристаллы».

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Какие вопросы содержит понятие «генезис минералов»?
2. Что такое «онтогенез» и «филогенез» минералов?
3. Что означает «гомогенное» зарождение минералов?
4. Что такое эпитактическое зарождение минералов.
5. Какие неоднородности возникают в минеральных индивидах в процессе кристаллизации?
6. В чем состоит принцип геометрического отбора минералов в агрегатах?
7. Чем двойники гранные отличаются от осевых?
8. Что такое дендриты?
9. В чем выражаются преобразования минеральных индивидов?
10. Что такое гетерометрия?

### **Лекция № 6**

#### **«Способы образования минералов»**

#### **Учебный вопрос №1. Способы кристаллизации (кристаллохимический аспект).**

- 1.1. Кристаллизация в соответствии с моделью слоевого роста:
  - с зарождением атомных слоев на ребрах и вершинах кристаллов;
  - с зарождением атомных слоев на винтовых дислокациях.
  - понятие о скульптурах граней и вициналях.
- 1.2. Кристаллизация в соответствии с моделью нормального роста.

#### **Учебный вопрос №2. Способ свободной кристаллизации (геологический аспект).**

- 2.1. Признаки кристаллизации в расплаве (пример магматических пород расслоенных интрузий).
- 2.2. Признаки кристаллизации в растворах и в газах (примеры горного хрусталя и вулканогенной серы).

#### **Учебный вопрос №3. Метасоматический способ образования.**

- 3.1. Принцип метасоматического образования минералов. Метасоматоз.
- 3.2. Понятие о метакристаллах.
- 3.3. Признаки метасоматического образования минералов:
  - цепочечное расположение метакристаллов в геологических телах;



- наличие в метакристаллах реликтов вмещающих минералов и агрегатов;
- угнетенные формы роста метакристаллов (пример пирита в березитах и граната в мусковите);
- понятие о метасоматических колонках.

#### **Учебный вопрос №4. Перекристаллизация.**

4.1. Что такое перекристаллизация и бластез? Трактовка понятий с разных позиций.

4.2. Принцип зарождения и роста минералов в процессе перекристаллизации.

4.3. Перекристаллизация по типу «собирательная перекристаллизация».

4.4. Перекристаллизация в условиях направленного давления (по типу Гиббса – Рикке).

- пример перекристаллизации зональных индивидов пирита в условиях стресса;
- возникновение «структур снежного кома» в гранат-содержащих сланцах и гнейсах;
- возникновение закономерной ориентировки минералов в тектонитах (на примере мраморов и кварцитов регионального метаморфизма);

4.5. Рекристаллизация.

- возникновение неомблит в кварцевых катаклазитах;
- явление «расшнуровывания» игольчатых индивидов (турмалин, альбитовые пертиты в полевом шпате).

4.5. Перекристаллизация по принципу П. Кюри.

- на примере шара, вырезанного из кристалла поваренной соли;
- на примере кварцевых песчаников с регенерационным цементом гдовского горизонта (Ленинградская область)

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. По каким признакам устанавливается свободная кристаллизация минералов?
2. Что такое метасоматический способ образования минералов?
3. «Метасоматический способ образования минералов» и «метасоматоз» – это одно и то же?
4. В чем принципиальное отличие метасоматического образования минералов от образования минералов путем перекристаллизации?
5. Какие признаки могут указывать на то, что минералы являются метакристаллами?
6. Что такое угнетенные формы роста метакристаллов?
7. Как доказать, что минеральные включения, наблюдаемые в кристаллах, являются реликтами незамещенных частей вмещающей среды и потому указывают на метасоматический способ образования минерала?

8. Что такое рекристаллизация?
9. Почему при перекристаллизации в условиях направленного давления могут возникнуть закономерные ориентировки минералов?
10. Что такое «структуры снежного кома» в гранатах метаморфических пород?

## Лекция № 7

### «Условия образования минералов»

#### **Учебный вопрос №1. Физико-химические параметры образования (PT).**

1.1. Единицы измерений и параметры в условиях земной коры и верхней мантии:

- температура, температурный градиент и его колебания в разных геологических структурах континентальной и океанической коры;
- давление – принятые единицы измерений (в килобарах - *кбар*, мегапаскалях *МПа* и гигапаскалях - *ГПа*);
- давление литостатическое – параметры в разрезе земной коры;
- давление направленное («стресс»);
- состояние воды в условиях разных температуры и давления, критическая точка состояния воды;

1.2. Представления о низких, средних и высоких *PT*-параметрах условий образования минералов.

#### **Учебный вопрос №2. Геологические условия образования.**

2.1. Магматические условия:

- интрузивные (на примере основных пород);
- эффузивные, вулканические (на примере базальтов);
- *PT*-параметры образования минералов.

2.2. Пегматитовые:

- Что такое пегматиты? Особенности вещественного состава, строения и формы залегания.
- *PT*-параметры образования минералов.

2.3. Гидротермальные:

- источники гидротермальных растворов;
- химические свойства;
- *PT*-параметры (высоко-, средне-, низкотемпературные);
- примеры гидротермальных образований (кварцевые и рудные жилы).

2.4. Метаморфические:

- условия локального метаморфизма (контактово-термальные, динамометаморфические, метасоматические) - на примере роговиков, катаклазитов, скарнов и грейзенов);
- условия регионального метаморфизма (низкой, средней и высокой ступени) – на примере цеолитовых пород, хлоритовых сланцев, амфиболитов и гнейсов);

- ультраметаморфические образования – мигматиты.

#### 2.4. Экзогенные условия:

- образования минералов в корях выветривания разных климатических зон (на примере образования «железных шляп» и бокситов);
- хемогенное образование в озерно-речных и морских условиях (на примере бурых железняков и хемогенных оолитовых известняков и гипса);
- органогенное образование (на примере морских отложений органо-генных известняков и кварцево-кремнистых яшм).

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. При каких температуре и давлении могут образовываться минералы на нижней и средней уровнях земной коры?
2. Какая температура и давление характеризует образование минералов в магматических (интрузивных) условиях?
3. Почему минералы в эффузивных (вулканических) условиях кристаллизуются при более высокой температуре, чем в магматических интрузивных условиях?
4. Величина температурного градиента в среднем по планете?
5. Как Вы себе представляете образование минералов в магматических условиях?
6. Что такое пегматиты и каким способом образуются в них минералы в соответствии с представлениями о магматическом и перекристаллизационно-метасоматическом образовании этих пород?
7. Какие уровни температуры и давления характеризуют высокотемпературные и низкотемпературные условия гидротермального образования минералов?
8. Как Вы себе представляете образование минералов в скарнах и грейзе-нах?
9. Как Вы себе представляете образование минералов в корях выветривания горных пород?
10. Что такое «органогенное» образование минералов (на примере органо-генных известняков)?

### **Лекция № 8**

#### **«Понятия генетической минералогии и систематика минералов»**

#### **Учебный вопрос №1. Основные понятия генетической минералогии.**

- 1.1. Предмет, цели и задачи генетической минералогии.
- 1.2. Минеральная ассоциация (на примере минералов гранитов и скарнов).
- 1.3. Парагенезис:
  - история возникновения – Севергин (Россия), Брейтгаупт (Германия);

- понятие о парагенезисе;
- парагенезисы - на примерах гранитов и скарнов.
- запрещенные парагенезисы (кварц-оливин, кварц-нефелин, кварц-корунд и др.);
- что такое парагенетический анализ?

#### 1.4. Генерация:

- определение понятия;
- примеры минеральных ассоциаций с разным числом генераций (гранит с прожилками кварца и альбита, генерации кальцита и кварца в скарнах);
- примеры использования понятия о генерации при расшифровке последовательности образования минералов в геологических телах (на примере скарнов).

#### 1.5. Типоморфизм минералов:

- определение понятия;
- примеры зависимости морфологии минералов от условий образования (циркон кислых и щелочных пород);
- типоморфные минералы и типоморфные признаки минералов (современное представление);
- примеры использования типоморфных признаков минералов при решении вопросов прогноза и поисков полезных ископаемых (циркон, амазонит, турмалин, полевые шпаты).

### **Учебный вопрос №2. Классификация минералов.**

2.1. История создания первых классификаций минералов (Египет, Древняя Греция, Арабская цивилизация).

2.2. Химическая классификация минералов Дж. Дэна (вторая половина 19-го века).

2.3. Кристаллохимическая классификация минералов (начало 20-го века).

2.4. Роль Международной минералогической ассоциации в совершенствовании минералогической классификации.

2.5. Содержание современной кристаллохимической классификации минералов и ее практическое использование (изображение классификационной таблицы с указанием типов, классов и подклассов минералов).

2.5. Дискуссионные вопросы и авторские варианты классификации.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Цели и задачи генетической минералогии?
2. Что такое ассоциация минералов и в чем состоит ее отличие от генерации минералов?
3. Что такое генерация минералов?
4. Что такое парагенезис минералов?
5. Почему парагенезисы бываю запрещенными?
6. Критерии, позволяющие отделять одну генерацию минерала от другой генерации этого же минерала?
7. Что такое типоморфные особенности минералов?

8. В чем состоит типоморфное значение морфологии кристаллов циркона?
9. В чем состоит типоморфное значение степени структурной упорядоченности минералов?
10. Чем отличается химическая классификация от кристаллохимической классификации минералов?

## Лекция № 9

### «Тип 1. Простые вещества»

#### Учебный вопрос №1. Общая характеристика.

- 1.1. Распространенность.
- 1.2. Особенности химического состава, изоморфизм.
- 1.3. Особенности кристаллической структуры. Полиморфизм.
- 1.4. Морфология и свойства.
- 1.5. Практическое значение для отечественной минерально-сырьевой базы.

#### Учебный вопрос №2. Класс 1. Металлы.

##### 2.1. Медь:

- Особенности морфологии, состава и структуры.
- Условия образования: 1) гидротермальное низкотемпературное (уникальные вулканогенные месторождения Верхних Озер в США), 2) экзогенное в медистых песчаниках (Удокан), 3) в корах выветривания гидротермальных медных месторождений).
- Практическое значение.

##### 2.2. Серебро:

- Особенности морфологии, состава и структуры.
- Условия образования: 1) гидротермальное низкотемпературное с красными серебряными рудами (Фрайберг, Германия), 2) экзогенное в корах выветривания гидротермальных месторождений (история открытия Фрайбергских месторождений).
- Практическое значение.

##### 2.3. Золото:

- Особенности морфологии, состава и структуры.
- Самородки золота и другие формы нахождения в природе.
- Условия образования: 1) гидротермальное средне- низкотемпературное в ассоциации с кварцем, сульфидами меди, свинца и цинка, телуридами, селенидами и минералами серебра; 2) метаморфогенное в черных углистых сланцах с кварцем и пиритом (Сухой Лог, Бодайбо), золотоносные кварцевые конгломераты Витватерсранта (ЮАР); 3) компонент сульфидных колчеданных, полиметаллических и медно-никелиевых руд.
- Золото россыпей.
- Практическое значение в мировой и российской экономической истории.

## 2.4. Платина, осмий, иридий, палладий, рутений.

- Особенности морфологии, состава и структуры.
- Условия образования - магматическое: 1) в процессе кристаллизации расплава вместе с оливином и другими минералами ультраосновных пород зональных интрузий Уральского типа (платина, осмий, иридий); 2) в процессе кристаллизации сульфидного расплава вместе с пирротинном, халькопиритом и пентландитом в расслоенных интрузиях основного- ультраосновного состава Норильского типа (палладий, рутений, платина).
- Платина россыпей.
- Практическое значение.

## Учебный вопрос №3. Класс 2. Полуметаллы.

### 3.1. Мышьяк, висмут:

- Особенности морфологии, состава и структуры.
- Условия образования: гидротермальное низкотемпературное (мышьяк), высокотемпературное в ассоциации с кварцем (висмут).
- Практическое значение.

## Учебный вопрос №4. Класс 3. Неметаллы.

### 4.1. Сера:

- Особенности морфологии, состава и молекулярной структуры.
- Полиморфизм серы (ромбическая и моноклинная на РТ-диаграмме).
- Условия образования: 1) вулканогенное пневматолитовое; 2) гидротермальное низкотемпературное (скарны); 3) экзогенное в сульфатных осадках (гипс, ангидрит) с биогенным веществом; 4) в условиях гидротермального переотложения первичной серы в осадочных породах.
- Практическое значение.

### 4.2. Графит:

- Особенности морфологии, состава и структуры. Политипы.
- Условия образования: 1) эндогенное при взаимодействии водорода с углекислотой; 2) экзогенное при метаморфизме каменного угля и углистых осадочных пород.
- Практическое значение.

### 3.1. Алмаз:

- Особенности морфологии, состава и структуры.
- Особые свойства (анизотропия твердости, теплопроводность, дисперсия показателя преломления света и др.)
- Разновидности – балласы, карбонадо.
- Условия образования: 1) магматическое - в кимберлитах и лампроитах (две гипотезы образования, ассоциация с высокохромистым пирропом и пикроильменитом); 2) метаморфическое - в эклогитах, в гнейсах (Казахстан); 4) импактное (Попигайская астроблема).
- Алмазы «уральского типа» - факты и загадки.
- Синтез алмаза .

- Практическое значение.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Химизм процесса образования меди в корках выветривания сульфидных медных руд?
2. В чем особенности морфологии кристаллов самородного серебра?
3. Почему золото россыпей имеет более высокую пробность по сравнению с золотом гидротермальных месторождений?
4. Парагенезис платины в магматических медно-никелиевых рудах?
5. В чем состоит роль бактерий в образовании и накоплении самородной серы в осадочных породах?
6. Как может образоваться графит в эндогенных условиях?
7. Как ориентированы в алмазе «мягкие» и «твердые» направления?
8. Что такое «балласы» и «карбонадо»?
9. Какого происхождения параморфозы алмаза по графиту?
10. Минералы, являющиеся «спутниками» алмаза?

### **Лекция № 10**

#### **«Тип 2. Сернистые соединения (сульфиды) и их аналоги.»**

##### **Учебный вопрос №1. Общая характеристика.**

- 1.1. Распространенность.
- 1.2. Особенности химического состава, изоморфизм.
- 1.3. Особенности кристаллической структуры. Полиморфизм.
- 1.4. Морфология и свойства.
- 1.5. Практическое значение для отечественной минерально-сырьевой базы.

##### **Учебный вопрос №2. Класс 1. Простые сульфиды координационной структуры.**

2.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- Халькозин
- Дигенит
- Аргентит
- Акантит
- Галенит
- Сфалерит
- Вюртцит
- Троилит
- Пирротин

- Никелин

2.2. Практическое значение в минерально-сырьевом комплексе.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Парагенезис халькозина в медистых песчаниках?
2. В чем особенности морфологии галенита?
3. Что называют дигенитом?
4. Изоморфные примеси в галените и сфалерите, имеющие практическое значение?
5. Вторичные минералы по галениту и сфалериту?
6. Парагенезис пирротина магматического происхождения?
7. В чем причина отличия по составу пирротина от троилита?
8. Какое свойство отличает пирротин моноклинный от гексагонального?
9. Какая изоморфная примесь, имеющая практическое значение, особенно характерна для клейофана?
10. Почему в корях выветривания сульфидных свинцово-цинковых руд возникает зона вторичного сульфидного обогащения?

### **Лекция № 11**

#### **«Простые сульфиды цепочечной, слоистой и островной структуры. Сложные сульфиды.»**

##### **Учебный вопрос №1. Простые сульфиды цепочечной структуры.**

1.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- Киноварь
- Стибнит (антимонит)
- Висмутин

1.2. Практическое значение в минерально-сырьевом комплексе.

##### **Учебный вопрос №2. Простые сульфиды слоистой структуры.**

2.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- Молибденит (гексагональный)
- Молибденит (тригональный)
- Аурипигмент

2.2. Практическое значение в минерально-сырьевом комплексе.

##### **Учебный вопрос №3. Простые сульфиды слоистой структуры.**

3.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- Реальгар

3.2. Практическое значение в минерально-сырьевом комплексе.



#### **Учебный вопрос №4. Сложные сульфиды.**

4.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- Халькопирит
- Талнахит
- Пентландит
- Борнит
- Кубанит
- Станнин
- Ковеллин

4.2. Практическое значение в минерально-сырьевом комплексе.

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. В каких парагенезисах может образоваться киноварь?
2. Парагенезисы стибнита?
3. В каких условиях образуется молибденит?
4. Важнейшая изоморфная примесь в молибдените, имеющая практическое значение?
5. Условия образования реальгара и аурипигмента?
6. В каких условиях и с какими минералами вместе образуется пентландит?
7. В каких условиях образуется неупорядоченная структурная разновидность халькопирита?
8. Какая форма кристаллов характерна для низкотемпературного халькопирита?
9. Вторичные минералы по халькопириту?
10. Какой парагенезис характерен для ковеллина?

### **Лекция № 12**

#### **«Сульфасоли, персульфиды и их аналоги»**

#### **Учебный вопрос №1. Характеристика сульфасолей**

1.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- группа тетраэдрита-теннантита (блеклые руды);
- группа прустита-пираргирита (красные серебряные руды)
- энаргит
- джемсонит
- буланжерит

#### **Учебный вопрос №2. Характеристика персульфидов и их аналогов.**

2.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- пирит
- марказит

- кобальтин
- арсенопирит
- леллингит
- раммельсбергит
- саффорит
- группа скуттерудита

2.2. Практическое значение минералов – сульфосолей и персульфидов и их аналогов.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. По какому диагностическому признаку можно отличить тетраэдрит от теннантита?
2. В ассоциации с какими минералами образуются минералы группы красных серебряных руд?
3. Какие вторичные минералы характеризуют минералы группы блеклых руд?
4. Габитусные простые формы кристаллов пирита и марказита? По каким признакам можно различить эти минералы?
5. Как различить арсенопирит и леллингит?
6. Минеральная и изоморфная примеси в пирите, имеющие практическое значение?
7. Практически ценная минеральная примесь в арсенопирите?
8. Вторичные минералы кобальтина?
9. Условия образования скуттерудита?
10. Вторичные минерала никельскуттерудита?

## **Лекция № 13**

### **«Особенности образования сульфидов и их аналогов»**

#### **Учебный вопрос №1. Образование в гидротермальных условиях.**

1.1. Образование сульфидов в скарнах:

- Что такое скарн?
- Способ образования минералов в скарнах.
- Последовательность образования от высокотемпературных парагенезисов к низкотемпературным.
- Практическое значение сульфидов скарнов.

1.2. Образование сульфидов в грейзенах:

- Что такое грейзен?
- Способ образования минералов в грейзенах.
- Последовательность образования от высокотемпературных парагенезисов к низкотемпературным.
- Практическое значение сульфидов грейзенов.

1.3. Образование сульфидов в жилах полиметаллических руд:

- Что такое полиметаллические руды?
- Способ образования минералов в жилах.
- Последовательность образования от высокотемпературных парагенезисов к низкотемпературным.
- Практическое значение сульфидов полиметаллических руд.

### **Учебный вопрос №2. Образование в магматических условиях.**

#### 2.1. Образование сульфидов в медно-никелиевых рудах:

- Что такое медно-никелиевые руды ?
- Способ образования минералов.
- Последовательность образования от высокотемпературных парагенезисов к низкотемпературным.
- Практическое значение сульфидов медно-никелиевых руд (Норильск, Талнах, Мончегорск, Никель, Заполярный).

#### 2.2. Образование сульфидов в условиях подводного магматизма:

- Что такое черные курильщики?
- Способ образования минералов.
- Агрегаты.
- Практическое значение сульфидов черных курильщиков.

### **Учебный вопрос №3. Образование в корах выветривания сульфидных руд.**

- Особенности строения кор выветривания и факторы, определяющие их образование.
- Химизм процессов образования минералов на разных уровнях коры выветривания.
- Причины возникновения зоны вторичного сульфидного обогащения
- Поведение сульфидов свинца и цинка при выветривании.
- Практическое значение минералов.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. При каких PT-условиях возникают сульфиды в скарнах и грейзенах?
2. На каких глубинах происходит образование сульфидов в полиметаллических рудах?
3. Способ образования сульфидов в скарнах?
4. Способ образования сульфидов, составляющих парагенезис их медно-никелиевых руд?
5. Что собой представляет среда кристаллизации сульфидов, составляющих отложения черных курильщиков?
6. Состав псевдоморфоз по галениту в корах выветривания?
7. В чем причина возникновения сульфидов в зоне вторичного сульфидного обогащения?
8. Парагенезис сульфидов зоны вторичного сульфидного обогащения?
9. Почему невозможен парагенезис пирротина и пирита в гидротермальных рудах?
10. Как ведет себя золото при выветривании золотосодержащего пирита?

**«Оксиды»**

**Учебный вопрос №1. Общая характеристика минералов классов простых, сложных оксидов и гидроксидов.**

- 1.1. Распространенность.
- 1.2. Особенности химического состава, изоморфизм.
- 1.3. Особенности кристаллической структуры. Полиморфизм.
- 1.4. Морфология и свойства.
- 1.5. Практическое значение для отечественной минерально-сырьевой базы.

**Учебный вопрос №2. Простые и сложные оксиды.**

2.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- Куприт
- Тенорит
- Корунд:
  - разновидности по цвету, природа окраски;
  - астеризм корунда;
  - образование в магматических условиях;
  - образование в десилицированных щелочных пегматитах;
  - образование в скарнах;
  - образование в зонах вторичных кварцитов;
  - образование в условиях метаморфизма высокоглиноземистых осадочных пород (глин, бокситов);
  - образование в условиях перекристаллизации пород, подвергнувших смятию в сжатые складки.

2.2. Минералы группы шпинелидов:

- химический состав;
- классификация;
- особенности морфологии и структуры;
- шпинель
- герцинит
- хромит
- магнетит
  - структуры распада;
  - ферромагнитные свойства;
  - образование в магматических условиях;
  - образование в скарнах;
  - образование в условиях метаморфизма (гнейсы, серпентиниты);
  - мартит, мушкетовит.

**Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. В какой минеральной ассоциации встречается куприт?

2. Чем обусловлен астеризм кристаллов корунда?
3. Что собой представляет структура кристаллов корунда?
4. Чем обусловлена окраска рубина и сапфира?
5. В каких условиях может образоваться корунд?
6. Как классифицируются минералы группы шпинелидов?
7. Условия образования и парагенезис хромита?
8. В каких случаях магнетит не используется в качестве рудного минерала для получения железа?
9. Чем обусловлены ферромагнитные свойства магнетита?
10. Как образуются мартит и мушкетовит?

## Лекция № 15

### «Простые, сложные оксиды и гидроксиды»

#### **Учебный вопрос №1. Характеристика простых и сложных оксидов.**

1.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- хризоберилл (александрит, циммофан);
- гематит (железная слюдка, железные розы, кровавик);
- уранинит (настуран, урановая чернь);
  - особенности вторичных минералов;
  - соблюдение мер безопасности в процессе исследования минерала;
- касситерит
  - диагностическая реакция на олово и ее значение на практике;
  - деревянистое олово;
  - оловянная «чума»;
- рутил
- анатаз
- брукит
- пиролюзит
- рамсдемит
- ильменит
- пироклор
- колумбит-танталит
- вольфрамит (гюбнерит-ферберит).

1.2. Практическое значение

#### **Учебный вопрос №2. Характеристика гидроксидов.**

2.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- гетит
- лепидокрокит
- брусит
- гиббсит
- бемит

- диаспор
  - гидроксиды марганца (пирохроит, асболан, псиломелан)
- 2.2. Практическое значение минералов группы гидроксидов.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Как устроены тройники хризоберилла?
2. Что такое «александритовый эффект» окраски некоторых минералов?
3. В каких условиях могут образоваться настуран и урановая чернь?
4. Как выглядят вторичные минералы коры выветривания урановых минералов?
5. Что такое «сагенитовая решетка» на гранях горного хрусталя и кварц-волосатик?
6. Морфология кристаллов касситерита?
7. Химизм реакции на «оловянное зеркало» для касситерита?
8. Парагенезис пирохлора?
9. Условия образования вольфрамита?
10. Как образуются минералы группы гидроксидов алюминия?
11. Условия образования скрытокристаллических агрегатов гетита?
12. Условия образования минералов – гидроксидов марганца?

### **Лекция № 16**

#### **«Минералы кремнезема»**

#### **Учебный вопрос №1. Полиморфные модификации.**

- 1.1. Классификация главнейших полиморфных модификаций
- 1.2. Распространенность минеральных видов.
- 1.3. РТ-диаграмма устойчивости
- 1.4. Полиморфизм - особенности кристаллической структуры  $\alpha$ - кварца и  $\beta$ -кварца, тридимита, кристобалита.

#### **Учебный вопрос №2. Кварц.**

- 2.1. Морфология кристаллов:
  - $\alpha$ - кварца (правый, левый);
  - $\beta$ -кварца.
- 2.2. Параморфозы  $\alpha$ - кварца по  $\beta$ -кварцу:
  - морфологические;
  - сотовый кварц.
- 2.3. Двойники:
  - сростания («японский»);
  - прорастания («дофинейский», «бразильский»).
- 2.4. Закономерные сростания с другими минералами:
  - распад твердого раствора (с рутилом);
  - эпитактические нарастания (сагинит);
  - закономерные кварц-полевошпатовые сростания в пегматитах);

- нарастания на берилл, гематит, кальцит и др.).

#### 2.5. Пьезоэффект:

- схема расположения кремнекислородных тетраэдров в полной гексагональной ячейке в проекции на (0001);
- схема упругой деформации структуры - появление прямого пьезоэлектрического эффекта;
- схема упругой деформации структуры под влиянием электрических зарядов - появление обратного пьезоэлектрического эффекта;
- ориентировка в кристалла кварца пластинок, обладающих пьезоэлектрическим эффектом.

#### 2.6. Разновидности $\alpha$ - кварца по цвету:

- отдельные кристаллы (горный хрусталь, дымчатый хрусталь, цитрин, морион, аметист, молочно-белый);
- зернистые агрегаты (молочно-белый, дымчатый, розовый);
- скрытокристаллические агрегаты (халцедон, агат, оникс кварцевый, кварцин):
  - белый, серый;
  - сердолик;
  - карнеол;
  - сард;
  - моховой;
  - хризопраз.
- псевдоморфозы:
  - соколиный глаз;
  - тигровый глаз;
  - кошачий глаз.
- особые разновидности:
  - кремь;
  - волосатик;
  - крымский (мармарошский) «диамант».

#### 2.7. Вопросы условий образования:

- магматические;
- гидротермальные (кварцевые жилы, горный хрусталь);
- метаморфические (скарны, грейзены, кварциты, гнейсы);
- осадочные (хемогенные и органические (трепел, опока, яшма).

### **Учебный вопрос №3. Тридимит.**

- 3.1. Особенности морфологии, двойники.
- 3.2. Метастабильное состояние.
- 3.3. Распространенность.

### **Учебный вопрос №4. Кристаллит.**

- 4.1. Особенности морфологии, двойники.
- 4.2. Метастабильное состояние.
- 4.3. Распространенность.

## **Учебный вопрос №5. Козсит, стишовит.**

## **Учебный вопрос №6. Опал.**

- 6.1. Что называют опалом?
- 6.2. Глобулярное строение опала.
- 6.3. Опал как сочетания наноглобул  $\alpha$ - кристабалита (люссатита),  $\beta_1$ - тридимита и молекул воды.
- 6.4. Благородный опал.
- 6.5. Условия образования опала.

## **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Температура  $\alpha$ - $\beta$ -перехода кварца?
2. Как образуется сотовый кварц?
3. Полиморфные модификации минералов кремнезема?
4. Метастабильные модификации тридимита и кристабалита?
5. Габитусные простые формы  $\alpha$ - и  $\beta$ -кварца?
6. Как отличить «правый» кварц от «левого»?
7. Что такое японский, дофинеийский и бразильский двойники кварца?
8. Причины пьезоэлектрического эффекта кристаллов кварца?
9. Разновидности по цвету  $\alpha$ -кварца и его агрегатов?
10. Что называется халцедоном, агатом и кварцевых ониксом?
11. Что называют тигровым глазом?
12. Что такое благородный опал?
13. В каких условиях образуется тридимит?
14. Какие полиморфные модификации кремнезема являются типоморфными для горных пород, содержащих импактные алмазы? и в каких условиях он образуется?
15. Что называют яшмой и как она образуется?

## **Лекция № 17**

### **«Вопросы происхождения сульфидов и оксидов»**

## **Учебный вопрос №1. Магматические условия.**

- 1.1. Породообразующие минералы (медно-никелиевые руды, хромититы, ильменитовые породы);
- 1.2. Акцессорные минералы (пример основных и ультраосновных пород).

## **Учебный вопрос №2. Пегматиты.**

- 2.1. Образование кварца в занорышах камерных пегматитов.

## **Учебный вопрос №3. Гидротермальные условия.**

- 3.1. Зависимость кристаллизации сульфидов и оксидов от эволюционных изменений химизма гидротермальных растворов (возрастание химического потенциала серы и кислорода, кислотность-щелочность).



### 3.2. Образование парагенезисов:

- высокотемпературных;
- среднетемпературных;
- низкотемпературных.

### 3.3. Примеры образования сульфидов и оксидов:

- горный хрусталь в кварцевых жилах;
- полиметаллические руды;
- скарны;
- грейзены,
- образование халцедона и агата в базальтах.

## **Учебный вопрос №4. Метаморфические условия.**

4.1. Образование магнетита и гематита при серпентинизации ультраосновных пород.

4.2. Метаморфогенные кварцевые жилы.

4.3. Корунд в гнейсах и мраморах.

## **Учебный вопрос №5. Коры выветривания.**

5.1. Возникновение зональности в корях выветривания сульфидных руд.

5.2. Минералы латеритов, бокситы.

## **Учебный вопрос №6. Хемогенные и органогенные осадки.**

6.1. Образование бурых железняков (болотных руд).

7.2. Образование полиминеральных агрегатов оксидов и гидрооксидов марганца.

4.3. Железо-марганцевые конкреции (ЖМК).

4.4. Образование яшм.

## **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Какие сульфиды и оксиды могут кристаллизоваться вместе с минералами магматических пород?
2. Способ и условия образования кристаллов мориона в занорышах камерных пегматитов?
3. Почему при серпентинизации минералов ультраосновных магматических пород в одних случаях образуется магнетит, а в других - гематит?
4. Сульфиды и оксиды, образующие парагенезисы в высоко- средне- и низкотемпературных гидротермальных условиях?
5. Как образуются друзы горного хрусталя? Какие условия и способ образования?
6. Аметист часто возникает в ассоциации с какими минералами?
7. Как образуются халцедоновые миндалины в базальтах?
8. Как образуются минералы бокситов?
9. Почему бурые железняки (болотные руды) часто образуются в устьях рек, берущих начало в заболоченной местности?

10. Что такое железо-марганцевые конкреции (ЖМК) и где они образуются?

## Лекция № 18

### «Силикаты»

#### **Учебный вопрос №1. Общая характеристика.**

- 1.1. Распространенность.
  - 1.2. Место силикатов в химической классификации минералов.
  - 1.3. Роль алюминия в образовании силикатов. Алюмосиликаты.
  - 1.4. Основная структурная единица силикатов.
  - 1.5. Соотношение кремния, находящегося в тетраэдрической позиции, и алюминия, находящегося в октаэдрической позиции в структуре алюмосиликатов (1-я глава кристаллохимии силикатов).
  - 1.6. Структурная позиция магния, кальция, железа и других «крупных» катионов в силикатах и алюмосиликатах (2-я глава кристаллохимии силикатов).
  - 1.7. Кристаллохимия силикатов:
    - кристаллохимия «малых» катионов (1-я глава кристаллохимии силикатов);
    - кристаллохимия «крупных» катионов (2-я глава кристаллохимии силикатов);
  - 1.8. Типы кристаллических структур.
    - островной;
    - цепочечный;
    - слоистый;
    - каркасный.
  - 1.9. Связь морфологии и свойств с кристаллохимическими особенностями силикатов.
- 1.5. Практическое значение силикатов для отечественной минерально-сырьевой базы.

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Минералы класса «Силикаты» относятся к какому типу химических соединений?
2. Какую позицию занимает алюминий в структуре силикатов (алюмосиликатов)?
3. Что собой представляет основная структурная единица силикатов, когда и кем это было выяснено?
4. Как соотносятся в силикатах кремний, находящийся в тетраэдрической позиции, и алюминий, находящийся в октаэдрической позиции?

5. Какую позицию в кристаллической структуре силикатов занимают ионы кальция, магния, железа и других «крупных» катионов?
6. Какой тип изоморфизма характерен для силикатов? Приведите примеры минералов, в которых такой изоморфизм имеет место.
7. Морфология, спайность и другие свойства, характерные для силикатов островной структуры?
8. Силикаты цепочечной структуры характеризуются каким обликом кристаллов и спайностью?
9. Для силикатов какой структуры характерна наиболее низкая плотность?
10. Назовите минералы класса силикатов, которые относятся к полезным ископаемым?

1.1.

### Лекция № 19

#### **«Подкласс 1. «Островные силикаты».**

#### **Группа оливина, фенакит, группа циркона, титанит.»**

#### **Учебный вопрос №1. Характеристика островных силикатов.**

1.1. Классификация, особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

1.2. Характеристика минеральных видов:

- группа оливина (форстерит, фаялит, тефроит);
  - классификация;
  - особенности состава и структуры;
  - породообразующее значение в магматических породах;
  - образование в магнезиальных скарнах;
  - образование в контактовых и регионально метаморфизованных мраморах;
  - ювелирные разновидности и практическое значение.
- фенакит;
- титанит;
- циркон:
  - особенности примесного состава;
  - морфология и типоморфизм;
  - анатомия кристаллов (зональность, секториальность);
  - метамиктность;
  - парагенезис;
  - ювелирные разновидности.
  - «круговорот» циркона в истории магматических осадочных и метаморфических горных пород.
- торит;
- коффинит.

1.3. Причины преимущественного использования циркона в целях определения абсолютного возраста минералов.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности морфологии оливина?
2. Классификация минералов группы оливина?
3. Вторичные минералы по оливину?
4. В каких условиях образуется оливин?
5. Как выглядит и как называется ювелирный оливин?
6. Типоморфное значение облика и габитусных форм циркона?
7. Метамиктность циркона? Что такое малакон и циртолит?
8. Как выглядит и как называется ювелирный циркон?
9. Условия образования циркона?
10. Почему преимущественно циркон используется для определения изотопного (абсолютного) возраста минералов?

## **Лекция № 20**

### **«Группа граната. Группа гюмита»**

#### **Учебный вопрос №1. Группа граната.**

1.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- Пиральспиты:
  - пироп;
  - альмандин;
  - спессартин.
- Уграндиты:
  - андрадит;
  - грюссюляр;
  - уваровит;
  - шорломит.

1.2. Практическая ценность.

#### **Учебный вопрос №2. Группа гюмита.**

1.1. Особенности морфологии, вещественного состава, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис:

- хондродит;
- гюммит;
- клиногюммит.

1.2. Практическая ценность.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Виды граната, относящиеся к группе пиральспитов?

2. Виды граната, относящиеся к группе уграндитов?
3. В чем состоит различие гранатов групп пиральспитов и уграндитов?
4. Габитусные простые формы граната?
5. Парагенезис и условия образования пироба?
6. Какой гранат может быть встречен в редкометальных гранитных пегматитах?
7. Какие гранаты характерны для известковых скарнов?
8. Какой гранат встречается в ассоциации с хромитом?
9. Зависимость состава альмандина от P-T-условий регионального метаморфизма?
10. Какой гранат относится к наиболее ценным ювелирным камням?

## Лекция № 21

### «Группа кианита, ставролит, везувиан, кордиерит. Группа эпидота-цоизита.»

#### **Учебный вопрос №1. Группа кианита.**

1.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис:

- кианит;
- андалузит;
- силлиманит.

1.2. Типоморфизм и практическое значение.

#### **Учебный вопрос №2. Ставролит, везувиан, кордиерит.**

2.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис:

- ставролит;
- везувиан;
- кордиерит.

2.2. Типоморфизм и практическое значение.

#### **Учебный вопрос №2. Группа эпидота-цоизита.**

2.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис:

- цоизит;
- клиноцоизит;
- эпидот;
- алланит (ортит).

2.2. Типоморфизм и практическое значение.

## Вопросы для текущего контроля и экзамена

1. Особенности морфологии и цвет кианита, андалузита, силлиманита?
2. РТ-диаграмма условий образования кианита, андалузита, силлиманита?
3. В чем состоит сходство и различие кристаллических структур трех полиморфных модификаций - кианита, андалузита, силлиманита?
4. Парагенезисы кианита, андалузита, силлиманита?
5. Изоморфизм в ряду «цоизит-эпидот»?
6. В чем состоит особенность примесного состава алланита?
7. Парагенезис эпидота в известковых скарнах?
8. В каких условиях и в ассоциации с какими минералами образуется алланит?
9. Ювелирная разновидность цоизита?
10. Ювелирная разновидность эпидота?

## Лекция № 22

**«Топаз, берилл, группа турмалина, диоптаз, геммиморфит, эвдиалит.»**

### **Учебный вопрос №1. Топаз.**

- 1.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис.
- 1.2. Типоморфизм и практическое значение.

### **Учебный вопрос №2. Берилл.**

- 2.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис.
- 2.2. Типоморфизм и практическое значение.

### **Учебный вопрос №3. группа турмалина.**

- 3.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис:
  - дравит;
  - шерлит;
  - эльбаит.
- 3.2. Типоморфизм и практическое значение.

### **Учебный вопрос №4. Диоптаз.**

- 4.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис.
- 4.2. Типоморфизм и практическое значение.

### **Учебный вопрос №5. Геммиморфит, эвдиалит, лампрофиллит.**

5.1. Особенности морфологии, вещественный состав, изоморфизм, полиморфизм, условия образования и парагенезис.

5.2. Типоморфизм и практическое значение.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности морфологии и свойств топаза?
2. Условия образования и парагенезис топаза?
3. Условия образования и парагенезис берилла?
4. Разновидности берилла, выделяемые по его цвету?
5. Изоморфизм в группе турмалина?
6. Условия образования и парагенезис дравита, шерлита и эльбаита?
7. Морфология кристаллов, анизотропия окраски и пьезоэлектрические свойства турмалина?
8. Какие турмалины можно встретить в редкометальных гранитных пегматитах?
9. Условия образования, парагенезис и практическая ценность эвдиалита?
10. Как образуется геммиморфит?

### **Лекция № 23**

#### **«Подкласс 2. «Цепочечные силикаты». Общая характеристика. Пироксены.»**

#### **Учебный вопрос №1. Характеристика цепочечных силикатов.**

1.1. Классификация, особенности морфологии, вещественного состава, структуры, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис.

1.2. Сравнительная характеристика пироксенов и амфиболов по морфологии, свойствам, вторичным минералам и условий образования.

#### **Учебный вопрос №2. Пироксены.**

2.1. Классификация, особенности морфологии, вещественного состава, структуры, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис.

2.2. Сравнительная характеристика ромбических и моноклинных пироксенов по морфологии, свойствам, вторичным минералам и условиям образования.

#### **Учебный вопрос №3. Ромбические пироксены.**

3.1. Характеристика минеральных видов:

- энстатит;
- гиперстен;
- ферросилит.

3.2. Типоморфизм и практическое значение.

## Вопросы для текущего контроля и экзамена

1. Сходство и различия структуры пироксенов и амфиболов?
2. Различия пироксенов и амфиболов по морфологии и спайности?
3. Как ориентированы плоскости спайности в кристаллах пироксенов и амфиболов?
4. В чем сходство и различие в морфологии и спайности ромбических и моноклинных пироксенов?
5. Условия образования и парагенезис энстатита и гиперстена?
6. В чем состоит различие условий образования пироксенов и амфиболов?
7. Вторичные минералы, типичные для энстатита?
8. Ориентировка трещин отдельности в кристаллах ромбических и моноклинных пироксенов?
9. На какие PT-условия образования указывает гиперстен в гнейсах и кристаллических сланцах?

### Лекция № 24

#### «Пироксены. Пироксеноиды.»

##### **Учебный вопрос №1. Пироксены моноклинные.**

1.1. Классификация (диаграмма).

1.2. Магнезиально-железистые:

- клиноэнстатит;
- клиноферросилит.

1.3. Кальциевые:

- диопсид;
- геденбергит;
- авгит;
- пижонит.

1.4. Натриевые:

- эгирин;
- жадеит.

1.5. Литиевые:

- сподумен.

1.6. Типоморфизм и практическое значение.

##### **Учебный вопрос №2. Пироксеноиды.**

2.1. Особенности структуры, морфологии и свойств.

2.2. Характеристика минеральных видов:

- волластонит;
- родонит.

## Вопросы для текущего контроля и экзамена



1. Принцип современной классификации моноклинных пироксенов?
2. Как выглядят на чертеже сечения кристалла моноклинного пироксена по (100), (010) и (001)?
3. Как ориентированы трещины спайности и отдельности в моноклинных пироксенах?
4. Изоморфные примеси, определяющие цвет моноклинных пироксенов?
5. Условия образования и парагенезис диопсида?
6. Условия образования и парагенезис авгита?
7. Условия образования и парагенезис сподумена?
8. Условия образования и парагенезис жадеита?
9. Условия образования и эгирина?
10. Какие моноклинные пироксены могут быть ювелирного качества?

## Лекция № 25

### «Амфиболы»

#### **Учебный вопрос №1. Амфиболы.**

- 1.1. Классификация, особенности морфологии, вещественного состава, структуры, изоморфизма, полиморфизма, условия образования и парагенезис.
- 1.2. Сравнительная характеристика ромбических и моноклинных амфиболов по морфологии, свойствам, вторичным минералам и условиям образования.

#### **Учебный вопрос №2. Ромбические амфиболы.**

- 2.1. Магнезиально-железистые:
  - антофиллит;
  - ферроантофиллит;
  - жедрит.
- 2.2. Типоморфизм, условия образования.

#### **Учебный вопрос №3. Моноклинные амфиболы.**

- 3.1. Магнезиальные:
  - кумингтонит.
- 3.2. Кальциевые:
  - тремолит;
  - актинолит;
  - ферроактинолит.
- 3.3. Кальциево-натриевые:
  - эденит;
  - гастингсит.
- 3.4. Натриевые:
  - глаукофан;
  - рибекит;
  - арфведсонит.

### 3.5. Типоморфизм и условия образования.

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Принцип классификации амфиболов?
2. Морфология кристаллов ромбических и моноклинных амфиболов?
3. Природа спайности амфиболов?
4. Парагенезис и условия образования антофиллита?
5. Парагенезис и условия образования тремолита и актинолита?
6. Что собой представляет скрытокристаллический агрегат актинолита?
7. Условия образования гастингсита?
8. Парагенезис и условия образования арфведсонита?
9. Для какого минерала характерны асбестовидные агрегаты?
10. Условия образования глаукофана?

#### **Лекция № 26**

#### **«Слоистые силикаты». Общая характеристика. Группа каолинита, группа серпентина, тальк, пирофиллит. Группа смектитов.»**

##### **Учебный вопрос №1. Общая характеристика слоистых силикатов.**

1.1. Классификация, особенности морфологии, вещественного состава, структуры, изоморфизма, полиморфизма (политипии), условий образования и парагенезис.

##### **Учебный вопрос №2. Характеристика минеральных видов.**

2.1. Группа каолинита:

- каолинит;
- диккит;
- галлуазит.

2.2. Группа серпентина:

- хризотил;
- антигорит;
- лизардит.

2.3. Тальк.

2.4. Пирофиллит.

2.5. Группа смектитов (монтмориллонита):

- бейделлит;
- нонтронит;
- сапонит.

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности морфологии и свойств слоистых силикатов?
2. Структура слоистых силикатов (однослойных и двухслойных)?
3. Политипы слоистых силикатов (на примере каолинита-диккита)?

4. Строение и условия образования хризотил-асбеста?
5. Почему в агрегатах минералов группы серпентина часто обнаруживается хромит, магнетит или гематит?
6. Как практически отличить тальк от пиррофиллита?
7. В чем состоят особенности структуры антигорита?
8. Свойства агрегатов минералов группы смектитов?
9. В чем состоит практическая ценность смектитов?
10. Какими свойствами должны обладать смектиты, чтобы их можно было использовать в качестве наполнителей буровых растворов?

## **Лекция № 27**

### **«Группа слюд»**

#### **Учебный вопрос №1. Характеристика слюд.**

- 1.1. Классификация, особенности морфологии, вещественного состава, структуры, изоморфизма, полиморфизма (политипии), условий образования.
- 1.2. Особенности физических свойств.

#### **Учебный вопрос №2. Характеристика минеральных видов.**

##### 2.1. Алюминиевые:

- мусковит;
- парагонит.

##### 2.2. Магнезиально-железистые:

- флогопит;
- аннит;
- сидерофиллит.

##### 2.3. Литиевые:

- лепидолит;
- циннвальдит.

##### 2.4. Типоморфизм и практическая ценность.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности морфологии кристаллов мусковита и их сростков?
2. Структура и политипия слюд?
3. Изоморфные замещения в минералах группы слюд?
4. Что называют серицитом?
5. Условия образования и парагенезис мусковита?
6. Условия образования и парагенезис флогопита?
7. Условия образования глауконита?
8. Как образуется вермикулит?
9. Парагенезис лепидолита?
10. Практическое значение минералов группы слюд?

## **Лекция № 28**

## «Группа гидрослюдов, хрупких слюдов, группа хлорита»

### Учебный вопрос №1. Характеристика минеральных видов.

- 1.1. Группа гидрослюдов:
  - вермикулит;
  - глауконит;
  - гидромусковит.
- 1.2. Группа хлорита:
  - клинохлор;
  - шамозит.
- 1.3. Группа хрупких слюдов:
  - маргарит;
  - хлоритоид.
- 1.4. Пренит.
- 1.5. Хризоколла.
- 1.6. Пальгорскит

### Вопросы для текущего контроля и экзамена

1. Особенности морфологии и свойств вермикулита?
2. Как образуется вермикулит?
3. Практическое использование вермикулита?
4. В каких условиях образуется глауконит?
5. Чем объясняется повышенная твердость хрупких слюдов?
6. Какой парагенезис характерен для маргарита и хлоритоида?
7. Какой минерал плавает на воде и в чем причина его такой низкой плотности?
8. В каких условиях образуется хризоколла?
9. Какой слоистый силикат в парагенезисе с эпидотом и актинолитом образует зеленые метаморфические сланцы?
10. Как образуется гидромусковит?

## Лекция № 29

### «Подкласс 4. «Каркасные силикаты». Общая характеристика. Группа полевых шпатов»

#### Учебный вопрос №1. Общая характеристика каркасных силикатов.

1.1. Классификация, особенности вещественного состава, морфологии, структуры, изоморфизма, полиморфизма, условий образования.

#### Учебный вопрос №2. Группа полевых шпатов.

- 2.1. Классификация минеральных видов.
- 2.2. Морфология, спайность, двойники.

### 2.3. Калиево-натриевые (щелочные):

- санидин;
- ортоклаз;
- микроклин;
- внекиссификационные разновидности (адуляр, лунный камень, солнечный камень, авантюрин, амазонит).
- алюминий-кремний упорядоченность и степень триклинности.

### 2.4. Кальциево-натриевые (плагиоклазы):

- альбит;
- анортит;
- разновидности по составу (олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит);
- внекиссификационные разновидности (клевеландит, беломорит, авантюрин);
- природа иризации плагиоклаза.

### 2.5. Нефелин.

### 2.6. Лейцит.

### 2.7. Поллуцит.

### 2.8. Данбурит.

## **Учебный вопрос №3. Практическое значение каркасных силикатов.**

3.1. Типоморфизм каркасных силикатов и его значение в решении геологических задач.

3.2. Практическое использование минералов подкласса каркасных силикатов.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности морфологии кристаллов полевых шпатов?
2. В чем состоит различие моноклинных и триклинных кристаллов полевых шпатов?
3. Как визуально различить калиево-натриевые полевые шпаты от плагиоклазов?
4. Как структурная упорядоченность влияет на симметрию кристаллов полевых шпатов?
5. От каких причин зависит структурная упорядоченность полевых шпатов?
6. Структуры распада твердого раствора в полевых шпатах?
7. Как называются плагиоклазы № 5, 25, 45, 58, 76, 95?
8. Что является причиной иризации беломорита и лабрадора?
9. Для каких геологических образований амазонит является типоморфным минералом?
10. Парагенезис, условия образования и практическое значение нефелина и лейцита.

## Лекция № 30

### «Группа скаполита, канкринит, содалит, лазурит, группа цеолитов.»

#### **Учебный вопрос №1. Группа скаполита.**

1.1. Характеристика изоморфного ряда, морфологии, свойств, парагенезис, условия образования.

- мейонит;
- мариолит.

#### **Учебный вопрос №2. Канкринит.**

#### **Учебный вопрос №3. Содалит.**

#### **Учебный вопрос №4. Лазурит.**

#### **Учебный вопрос №5. Группа цеолитов.**

1.1. Характеристика изоморфного ряда, морфологии, свойств, парагенезис.

- анальцит;
- стильбит;
- натролит;
- гейландит;
- шабазит.

### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности состава, морфологии, парагенезиса и условий образования минералов группы скаполита?
2. Особенности состава, морфологии, парагенезиса и условия образования канкринита?
3. Особенности состава, морфологии, парагенезиса и условия образования содалита?
4. Особенности состава, морфологии, парагенезиса и условия образования лазурита?
5. Особенности состава, морфологии, парагенезиса и условия образования минералов группы цеолитов?
6. Практическая ценность лазурита?
7. Типичный габитус кристаллов анальцита?
8. Благодаря каким свойствам цеолиты относятся к полезным ископаемым?
9. Особенности кристаллической структуры минералов группы цеолитов?
10. В каких условиях происходит образование стильбита совместно с исландским шпатом?

## Лекция № 31

## «Класс 5. «Фосфаты, арсенаты, ванадаты». Класс 6. «Сульфаты»»

### Учебный вопрос №1. Фосфаты.

1.1. Классификация, особенности вещественного состава, морфологии, структуры, изоморфизма, полиморфизма, условий образования:

- монацит;
- ксенотим;
- группа апатита (фторапатит, хлорапатит, гидроксилapatит);
- вивианит;
- псевдомалахит;
- эритрин;
- аннабергит;
- скородит.

### Учебный вопрос 2. Группа урановых слюдок.

2.1. Особенности вещественного состава, морфологии, структуры, изоморфизма, полиморфизма, условий образования:

- торбернит;
- отенит;
- тюямунит;
- карнотит;

2.2. Практическое значение .

### Учебный вопрос 3. Бирюза.

### Учебный вопрос 4. Сульфаты.

4.1. Особенности вещественного состава, морфологии, структуры, изоморфизма, полиморфизма, условий образования:

- барит;
- целестин;
- англезит;
- ангидрит;
- гипс;
- алунит;
- ярозит.

4.2. Практическое значение сульфатов.

### Вопросы для текущего контроля и экзамена

1. Особенности состава, морфологии и условий образования монацита?
2. Состав, морфология, парагенезис и условия образования минералов группы апатита?
3. Продуктом изменения какого минерала часто является эритрин, аннабергит и скородит?
4. В чем состоит специфика морфологии и свойств урановых слюдок?
5. В каких условиях образуются урановые слюдки?

6. Как выполняется диагностическая химическая реакция на фосфор, содержащийся в фосфатах?
7. В каких условиях образуется бирюза?
8. Условия образования гипса и ангидрита?
9. Практическое значение алунита?
10. Какой минерал группы сульфатов используется для приготовления буровых промывочных жидкостей?

### Лекция № 32

#### **«Класс 7. Хроматы, вольфраматы, молибдаты». Класс 8. «Бораты»»**

##### **Учебный вопрос №1. Характеристика минералов класса «Хроматы, вольфраматы, молибдаты».**

1.1. Особенности вещественного состава, морфологии, структуры, изоморфизма, условий образования:

- шеелит;
- крокоит;
- повелит;
- вольфенит;
- ферримолибдит.

1.2. Практическое значение.

##### **Учебный вопрос №2. Характеристика минералов класса «Бораты».**

2.1. Особенности вещественного состава, морфологии, структуры, изоморфизма, условий образования:

- борацит;
- ссайбелиит;
- гидроборацит;
- людвицит.

2.2. Практическое значение.

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Диагностические свойства шеелита?
2. Парагенезис и условия образования шеелита?
3. Парагенезис и условия образования крокоита?
4. В каких условиях может образоваться ферримолибдит?
5. Как выполняется диагностическая химическая реакция на бор при диагностики боратов?
6. Условия образования борацита, гидроборацита и ссайбелиит?
7. Условия образования людвицита?
8. Парагенезис минералов класса «Бораты» в эвапоритах?
9. Какой вид обычно имеют агрегаты гидроборацита?
10. Практическая ценность боратов?



## Лекция № 33

### «Класс 9. Карбонаты»

#### **Учебный вопрос №1. Характеристика минералов класса «Карбонаты».**

1.1. Классификация, особенности вещественного состава, морфологии, структуры, изоморфизма, полиморфизма.

1.2. Группа кальцита:

- кальцит;
- магнезит;
- сидерит;
- родохрозит;
- смитсонит.

1.3. Группа доломита:

- доломит;
- анкерит.

1.4. Группа арагонита:

- арагонит;
- церуссит.

1.5. Группа малахита:

- малахит;
- азурит.

#### **Учебный вопрос №2. Условия образования минералов класса «Карбонаты».**

2.1. Магматические.

2.2. Гидротермальные.

2.3. Экзогенные:

- в корах выветривания;
- хемогенное в морских условиях;
- органогенное;
- эпигенетическое (туфы, в карстовых полостях и др.).

2.4. Метаморфогенное (в условиях локального и регионального метаморфизма).

#### **Учебный вопрос №3. Практическое значение карбонатов.**

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности морфологии и структуры тригональных и ромбических карбонатов?
2. Как диагностируются карбонаты по химической реакции с соляной кислотой?
3. Условия образования и практическая ценность исландского шпата?
4. Что называют известью и как ее практически получают из карбонатов?

5. Особенности образования и практическое использование магнезита?
6. Как образуются церуссит и смитсонит?
7. В каких условиях и в какой минеральной ассоциации образуются малахит и азурит?
8. В какой минеральной ассоциации может образоваться родохрозит?
9. Что называют и как образуется арагонитовый оникс?
10. Какие минералы класса карбонатов широко используются в качестве металлургических флюсов?

### Лекция № 34

#### **«Тип IV. «Галогениды». Условия образования главных минеральных ассоциаций (заключение).»**

##### **Учебный вопрос №1. Характеристика галогенидов.**

1.1. Вещественный состав, морфология, структура, изоморфизм, условия образования галогенидов.

1.2. Минералы класса «Фториды»:

- флюорит;
- виллиомит;
- криолит.

1.3. Минералы класса «Хлориды»:

- галит;
- сильвин;
- карналлит;
- бишофит.

1.4. Практическая ценность галогенидов.

##### **Учебный вопрос №2. Условия образования главных минеральных ассоциаций.**

2.1. Магматические:

- ассоциации породообразующих минералов;
- ассоциации рудных минералов;
- ассоциации акцессорных минералов.

2.2. Гидротермальные:

- минералы скарнов;
- минералы грейзенов;
- минералы свинцово-цинковых (полиметаллических) руд;
- минералы колчеданных руд.
- минералы низкотемпературных ассоциаций.

2.3. Экзогенные:

- минералы кор выветривания;
- минералы эвапоритов;
- минералы глубинных морских осадков;
- органические минералы.

## 2.4. Метаморфические:


- минералы локального метаморфизма;
- минералы регионального метаморфизма.

### **Учебный вопрос №3. Значение минералогии в освоении последующих учебных дисциплин, предусмотренных учебным планом.**

#### **Вопросы для текущего контроля и экзамена**

1. Особенности состава, морфологии, структуры и свойств флюорита?
2. Парагенезис флюорита в магматических, гидротермальных и метаморфических (метасоматических) образованиях?
3. Парагенезис и ассоциации галогенидов в эвапоритах?
4. Использование флюорита в оптическом приборостроении и в металлургии?
5. Важнейшие минеральные ассоциации, возникающие в магматических условиях?
6. Важнейшие минеральные ассоциации, возникающие в высоко- и среднетемпературных гидротермальных условиях?
7. Важнейшие минеральные ассоциации, возникающие в низкотемпературных гидротермальных условиях?
8. Важнейшие минеральные ассоциации, возникающие в условиях формирования кор выветривания?
9. Важнейшие минеральные ассоциации, возникающие в условиях накопления морских хемогенных осадков?
10. Важнейшие минеральные ассоциации, возникающие в условиях накопления морских органогенных осадков?

Составитель, профессор



М.А. Иванев