

ФГАОУ ВПО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности

Д.К. Нургалиев

\_\_\_\_\_ 2012 г.



**Программа кандидатского экзамена**

Научная специальность

25.00.05 - Минералогия, кристаллография

Казань

2012

**1. Вопросы программы кандидатского экзамена по специальности**  
25.00.05 - Минералогия, кристаллография

1. Кристаллография и кристаллохимия

1. *Геометрическая кристаллография*
2. *Пространственная решетка* как фундамент геометрической теории строения кристаллов. Основные законы кристаллографии в свете решетчатого строения кристаллов.
3. *Операции и элементы симметрии* I-го и II-го рода. Осевая теорема Эйлера, ее обобщенное представление и частные случаи, и ее использование при выводе групп симметрии. Различные способы представления симметрических операций - модельный, координатный, матричный. Алгоритм вывода 32-х точечных групп симметрии.
4. *Кристаллографические координатные системы, категории, сингонии.* Распределение 32-х кристаллографических классов по 6-ти сингониям и 3-м категориям. Международная символика (символика Германа-Могена) точечных групп симметрии.
5. *Морфология кристаллов.* Простые формы кристаллов, их характеристики. Понятия «облик» и «габитус» кристалла. Символы граней и ребер кристаллов, их определение и взаимосвязь. Закон Вейса (закон зон) и его использование при определении символов ребер и граней кристаллов. Симметрия и форма реальных кристаллов. Принцип Кюри. Геометрический отбор. Закономерные и незаконномерные сростания кристаллов. Использование микрорельефа граней, фигур травления для уточнения точечной группы кристалла.
6. *Физические свойства кристаллов:* скалярные, векторные, тензорные. Структурно-чувствительные свойства кристаллов.
7. *Типы решеток Браве,* их вывод. Понятие "элементарная ячейка". Симметрия решеток Браве. Трансляционные элементы симметрии.
8. *Пространственные (федоровские) группы симметрии,* их обозначения. Принципы вывода и построения графиков пространственных групп. Группы симморфные, асимморфные, гемисимморфные. Генетическая связь между федоровскими группами различных сингоний.
9. *Правильные системы точек,* их основные характеристики.
10. Преобразование кристаллографических координатных систем, символов граней и координат точек (атомов).

11. *Группы антисимметрии* - группы черно-белой симметрии, принципы их вывода. 58 точечных групп антисимметрии, их применение при описании двойников кристаллов.
12. Квазикристаллы. Фуллерены. Нанотрубки.
13. *Основные положения теоретической кристаллохимии.*
14. Основные и промежуточные типы химической связи. Потенциальная кривая химической связи. Классификация кристаллических структур по типам химической связи и структурным группировкам. Принципы теории плотнейшей упаковки. Изображение структурных типов с помощью полиэдров. Основные структурные типы.
15. Орбитальные радиусы атомов и ионов. Радиусы ионов в кристаллах. Потенциалы ионизации и сродство к электрону. Электроотрицательность. Кислотно-основные свойства атомов и ионов.
16. Электронная структура переходных элементов. Расщепление энергии d- и f-уровней в кристаллическом поле различной симметрии. Понятие об энергии предпочтения координации.
17. Основной закон кристаллохимии Гольдшмидта. Критерии устойчивости структурного типа. Правила Полинга для ионных кристаллов. Правила устойчивости структурных типов ковалентных и существенно ковалентных кристаллов. Правило октета. Правило Юм-Розери. Правила Партэ. Числовые законы строения сульфидов и сульфосолей (по Н.В. Белову).
18. Структурная гомология. Гомологические ряды. Производные и вырожденные структуры. Фазы вычитания и внедрения.
19. Полиморфизм как общее свойство кристаллических веществ. История открытия полиморфизма как явления. Классификация полиморфизма. Полиморфные переходы первого и второго рода. Структурные аспекты явления полиморфизма.
20. Политипия. Отличие политипии от полиморфизма. Способы описания политипных структур.
21. Изоморфизм. Изоморфизм и изоструктурность. Изодиморфизм. Классификация изоморфизма. Его соотношение с твердыми растворами. Классические правила изоморфизма Гольдшмидта-Ферсмана. Основы количественной теории изоморфизма.
22. Изоморфизм как функция температуры и давления. Распад изоморфных смесей при понижении температуры и повышении давления.

23. *Рост и морфология кристаллов*
24. *Кристаллообразование в гомогенных средах.* Фазовые равновесия и переходы. Кристаллизация как фазовый переход. Диаграммы состояния систем. Поверхностная энергия. Движущая сила кристаллизации и способы ее выражения. Работа, необходимая для формирования кристаллической фазы. Энергия активации. Флуктуационная природа зародышеобразования и его особенности в парах и конденсированных средах. Геометрическая модель образования зародышей.
25. *Механизм роста совершенных кристаллов.* Кристаллизация в гетерогенных средах. Двумерные зародыши. Их размер и форма. Эпитаксия. Анизотропия поверхностной энергии. Структура границы раздела фаз. Адсорбционный слой. Нормальный и послойный рост кристаллов. Условия их реализации. Анизотропия скоростей послойного роста грани.
26. *Тепло- и массоперенос при кристаллизации.* Диффузионные и поверхностные процессы. Кинетический и диффузионный режим кристаллизации. *Внешняя форма и однородность реальных кристаллов.* Кристаллохимически обусловленная форма кристалла. Метод ПЦС Хартмана. Типы граней кристаллов. Современная трактовка равновесной формы. Метод средних работ отрыва Странского и Каишева. Формы роста. Корреляция между теоретически возможными, равновесными формами и формами роста кристаллов. Скелетные формы. Нитевидные кристаллы. Расщепление кристаллов. Сферолиты. Ортотропизм. Ритмический рост. Геометрический отбор.
27. Влияние точечных дефектов на рост и морфологию кристаллов. Физическая и химическая адсорбция примесей. Гомогенный и гетерогенный захват. Равновесное и неравновесное распределение примесей при кристаллизации. Эффективные коэффициенты распределения. Концентрационное переохлаждение. Секториальное и зонарное строение кристаллов. Дислокации как источники слоев роста. Формирование двойников. Дефекты упаковки. Границы блоков. Температурные напряжения. Гетерогенные включения маточной среды и посторонних частиц.
28. *Общая характеристика методов искусственного получения кристаллов.* РТХ-диаграммы состояния систем. Условия управляемой кристаллизации. Критерии выбора и общая классификация методов выращивания кристаллов.
29. *Выращивание кристаллов из растворов.* Типы растворителей. Фазовые диаграммы и кривые растворимости. Разновидности методов.

30. *Раствор-расплавная кристаллизация*, ее возможности и разновидности. Расплавы-растворители. Разбавленные и высококонцентрированные системы. Основные модификации, технические приемы и перспективы развития.
31. *Гидротермальный синтез*. Свойства гидротермальных растворов. Выращивание кристаллов при температурном градиенте, другие методы. *Кристаллизация при обычном давлении и умеренной температуре (до 100°C)*. Приемы изменения температуры раствора. Методы температурного перепада. Рост кристаллов при вынужденной конвекции раствора. Испарение растворителя. Кристаллизация при постоянной температуре и постоянном пересыщении. Использование возможностей химических и электрохимических реакций. Методы со встречной диффузией. Кристаллизация в гелях.
32. *Выращивание кристаллов из газовой (паровой) среды*. Физическая конденсация. Химические транспортные реакции. Представление о ПЖК-механизме кристаллизации. Особенности получения объемных, нитевидных кристаллов и эпитаксиальных пленок.
33. *Сравнительная морфология минералов и их синтетических аналогов*. Общие и отличительные признаки минералов и искусственных кристаллов. Структурные и механические примеси в минералах и их влияние на внешнюю и внутреннюю морфологию. Включения: твердые, жидкие, однофазные, двухфазные, трехфазные и более сложные. "Минералы-узники". Примеры генетической интерпретации экспериментальных данных.
34. *Рентгенография минералов и рентгено-структурный анализ*
35. *Физические основы рентгенографии кристаллов*. Открытие и свойства рентгеновских лучей. Сплошной и характеристический спектры. Рентгеновские трубки. Поглощение рентгеновских лучей и выбор рентгеновского излучения. Применение фильтров для монохроматизации рентгеновских лучей.
36. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Модель дифракции как отражение рентгеновских лучей от атомных плоскостей. Уравнение Брэгга-Вульфа.
37. Подходы к решению задач в процессе рентгенографического исследования минералов. Применение рентгенографии для исследования микронапряжений в кристаллах и определения размеров частиц в образце.
38. Прецизионное определение параметров элементарных ячеек. Причины небольших изменений параметров элементарной ячейки. Влияние примесей на изменение параметров. Установление связи параметр - состав. Зависимость изменения

- параметров ячейки от условий кристаллизации. Линейный регрессионный анализ изменений параметров.
39. Определение состава и структурных особенностей минералов по рентгенографическим данным (отношение S/As в арсенопирите и его типоморфная роль; оценка содержания различных металлов в пирротине; изоморфизм в кварце и его петрогенетическое значение и др.). Исследование изоморфизма, полиморфизма и политипии в минералах (на примере представителей глин и полевых шпатов) и его петрогенетическое значение.
  40. *Применение рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа кристаллов.* Диагностика мономинеральных фаз и качественный рентгенофазовый анализ смесей химических соединений и минералов. Определители фаз. Базы рентгеновских данных (программа “minerals”). Индексирование рентгеновских спектров (программы “XLAT”, “ind”, “krist”).
  41. Количественный фазовый анализ. Факторы, влияющие на соотношение интенсивностей рефлексов в полифазном образце. Определение соотношения фаз в двухкомпонентной смеси.
  42. *Применение рентгеновской дифракции для решения современных проблем структурной минералогии:* а) кристаллохимической систематики минералов; б) изучения структурных перестроек в глубинных геосферах; в) исследования важнейших явлений в реальной структуре минералов - изоморфизма, полиморфизма, политипии, модуляции и др.
  43. *Структура и свойства кристаллов*
  44. Окраска кристаллов. Избирательное поглощение, как причина появления окраски. Интерпретация природы окраски минералов в рамках зонной теории, теории молекулярных орбиталей и теории кристаллического поля.
  45. Оптические свойства кристаллов. Природа световых лучей и основные понятия кристаллооптики. Связь поляризуемости атомов с величиной показателя преломления. Влияние структурных особенностей на оптические свойства кристаллов. Жидкие кристаллы: природа анизотропии их свойств.
  46. Особенности состава и строения люминесцентных и лазерных кристаллов.
  47. Магнитные свойства кристаллов. Магнитный момент электрона и атома. Особенности магнитных свойств кристаллов (диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика, антиферромагнетика, ферримагнетика). Магнитная симметрия кристаллов.

48. Сегнетоэлектрические свойства кристаллов. Поляризация кристаллов. Линейные пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, антисегнетоэлектрики. Симметрия полярных кристаллов. Связь полупроводниковых свойств с кристаллической структурой.
49. Сверхпроводимость кристаллов. Структурные особенности оксидных сверхпроводников нового поколения.

## 2. Минералогия

1. *Общая часть.* Современная минералогия как наука, ее содержание и задачи. Понятие о минерале. Основные этапы истории развития минералогии. Связь минералогии с другими науками. Основные направления в современной минералогии. Научное и практическое значение современной минералогии.
2. *Морфология минералов и минеральных агрегатов.* Облик и габитус кристаллов. Скрытокристаллические агрегаты, конкреции, секретиции и др. Твердые и газовой-жидкие включения в минералах. Псевдоморфозы. Понятие об онтогении минералов.
3. *Физические свойства минералов.* Цвет, черта, блеск, прозрачность, твердость, спайность, удельный вес, магнитность, электропроводность, люминесценция, радиоактивность и др. Связь физических свойств с составом, структурой и условиями образования минералов (типоморфизм). Природа окраски минералов.
4. *Химический состав минералов.* Минералы как многокомпонентные системы переменного состава. Типы химической связи в минералах (ионная, ковалентная, металлическая, межмолекулярная). Атомные и ионные радиусы. Координационные числа и координационные многогранники. Изоморфизм. Типы изоморфных замещений. Структурное упорядочение. Твердые растворы и их распад. Полиморфизм. Политипия. Смешанослойные структуры. Метамиктные минералы. Аморфное, стеклообразное и коллоидное состояние вещества. Расчет кристаллохимических формул минералов. Изображение многокомпонентных систем на плоскости.
5. *Происхождение и изменение минералов в природе.* Понятие о процессах минералообразования: магматическом: пегматитовом, пневматолитовом, гидротермальном, метаморфическом (в том числе ударном), метасоматическом, гипергенном. Распространенность минералов в земной

коре и мантии. Подразделение минералов на породообразующие, аксессуарные, рудные, редкие и вторичные.

6. Современные *методы исследования* состава и структуры минералов: методы спектроскопии твердого тела, рентгенофазового, рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов, электронной микроскопии высокого разрешения и др. Полевые методы диагностики минералов.
7. *Описание минералов\**
8. Принципы, лежащие в *основах современных классификаций минералов*. Кристаллохимическая систематика минералов. Минеральные виды и разновидности.
9. *Самородные элементы*. Общая характеристика и условия образования в природе. Металлы: медь, серебро, золото, элементы платиновой группы, самородное железо, камасит, тэнит. Полуметаллы: мышьяк, сурьма, висмут. Неметаллы: алмаз, графит, лонсдейлит, сера.
10. *Сульфиды и их аналоги*. Общая характеристика и условия образования в природе. Основы систематики сульфидов и их аналогов. Простые сульфиды и их аналоги: аргентит, акантит, халькозин, галенит, сфалерит, вюртцит, киноварь, пентландит, троилит, пирротин, никелин, антимонит, висмутин, аурипигмент, молибденит, реальгар, шмальтин. Двойные сульфиды: халькопирит, станнин, борнит, ковеллин. Дисульфиды и их аналоги: пирит, кобальтин, марказит, арсенопирит. Сложные сульфиды и их аналоги: блеклые руды, пираргирит, прустит, буланжерит, джемсонит.
11. *Оксиды и гидроксиды*. Общая характеристика и условия образования в природе. Основы систематики оксидов и гидроксидов. Простые оксиды: куприт, периклаз, вюстит, корунд, гематит, рутил, брукит, анатаз, касситерит, пиролюзит, уранинит, минералы группы кремнезема (кварц, тридимит, кристобалит, коэсит, стишовит, опал). Сложные оксиды: хризоберилл, минералы группы шпинели (шпинель, герцинит, ганит, магнетит, магнезиоферрит, яacobсит, франклинит, титаномагнетит), ильменит, перовскит, минералы группы танталониобатов (пирохлор, колумбит, танталит, самарскит, эшинит). Гидроксиды: брусит,

---

\* При описании отдельных минералов указывается химический состав (формула и важнейшие примеси), особенности кристаллической структуры, форма выделения, главные физические свойства и диагностические признаки, условия нахождения в природе, практическое использование.



гидрагиллит, диаспор, бемит, гетит, лепидокрокит, манганит, псиломелан; сложные минеральные смеси - лимониты, бокситы, вады.

12. *Галогениды*. Общая характеристика и условия образования в природе. Флюорит, криолит, галит, сильвин, виллиомит, карналлит.
13. *Карбонаты*. Общая характеристика и условия образования в природе. Карбонаты без дополнительных анионов и кристаллизационной воды: кальцит, родохрозит, сидерит, магнезит, смитсонит, арагонит, стронцианит, витерит, церуссит, доломит, анкерит. Карбонаты с дополнительными анионами: малахит, азурит. Карбонаты с кристаллизационной водой: термонатрит, сода, трона.
14. *Сульфаты*. Общая характеристика и условия образования в природе. Сульфаты без дополнительных анионов и кристаллизационной воды: барит, целестин, англезит, ангидрит, тенардит. Сульфаты с дополнительными анионами: алунит, ярозит, брошантит. Сульфаты с кристаллизационной водой: гипс, мирабилит.
15. *Фосфаты, арсенаты и ванадаты*. Общая характеристика и условия образования в природе. Безводные фосфаты без дополнительных анионов: ксенотим, монацит. Безводные фосфаты, арсенаты и ванадаты с дополнительными анионами: апатит, пироморфит, ванадинит. Водные фосфаты, арсенаты и ванадаты: вивианит, эритрин, аннабергит, скородит, бирюза, минералы группы урановых слюдок (отенит, торбернит, карнотит, тюямунит).
16. *Вольфраматы, молибдаты и хроматы*. Общая характеристика и условия образования в природе. Шеелит, повеллит, вульфенит, минералы группы вольфрамита (гюбнерит-ферберит), ферримолибдит, крокоит.
17. *Бораты*. Общая характеристика и условия образования в природе. Типы анионных группировок и классификация боратов. Общая характеристика и условия образования в природе. Островные бораты: ашарит, людвицит, бура. Цепочечные бораты: гидроборацит, уллексит, пандермит. Каркасные бораты: борацит.
18. *Силикаты*. Современное представление о структурных типах силикатов. Представление о алюмо-, боро-, берилло-, титано- и цирконосиликатах. Основы современной кристаллохимической классификации силикатов. Островные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Островные силикаты с изолированными кремнекислородными

тетраэдрами без добавочных анионов: фенакит, виллемит, минералы группы оливина (изоморфные ряды форстерит-фаялит-тефроит), минералы группы гранатов (пироп, альмандин, спессартин, гроссуляр, андрадит, уваровит, Ti- и Zr- содержащие гранаты - меланит, шорломит, кимцеит; гидрогранаты), циркон, торит, коффинит. Островные силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами и добавочными анионами: кианит, андалузит, силлиманит, ставролит, топаз, титанит, хлоритоид. Островные силикаты со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами (диортосиликаты) и добавочными анионами: ильваит, каламин, лампрофиллит. Островные силикаты с изолированными и сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами, содержащими добавочные анионы: цоизит, эпидот, алланит, пьмонтит, везувиан. Островные силикаты кольцевого типа: берилл, кордиерит, диоптаз, турмалин, эвдиалит.

19. *Цепочечные силикаты.* Общая характеристика и условия образования в природе. Основы классификации пироксенов. Особенности кристаллических структур пироксенов и пироксеноидов. Вариации химических составов пироксенов; пироксеновая трапеция. Ромбические пироксены: минералы ряда энстатит-ферросилит. Моноклинные пироксены: минералы ряда клиноэнстатит-клиноферросилит, минералы ряда диопсид-геденбергит, авгит, омфацит, эгирин, жадеит, сподумен. Пироксеноиды: волластонит, родонит.
20. *Ленточные силикаты.* Общая характеристика и условия образования в природе. Подходы к современной классификации амфиболов. Ромбические амфиболы: антофиллит, жедрит. Моноклинные амфиболы: минералы ряда тремолит-актинолит, роговые обманки; амфиболовые асбесты.
21. *Слоистые силикаты и алюмосиликаты,* основы их классификации. Общая характеристика и условия образования в природе. Типы сеток в структуре слоистых силикатов; смешанослойные силикаты. Силикаты с двухслойным пакетом: каолинит, диккит, накрит, галлуазит, минералы группы серпентина (антигорит, лизардит, хризотил). Силикаты с трехслойным пакетом: тальк, пирофиллит, слюды (мусковит, парагонит, флогопит, биотит, лепидомелан, лепидолит, циннвальдит), хрупкие слюды (маргарит), гидрослюды (гидромусковит, вермикулит, глауконит), монтмориллонит, нонтронит, сапонит. Силикаты с четырехслойным пакетом: минералы группы хлоритов (пеннин, клинохлор, прохлорит, шамозит, кочубеит). Пренит, апофиллит.

22. *Каркасные силикаты.* Общая характеристика и условия образования в природе. Каркасные алюмосиликаты без добавочных анионов: полевые шпаты (калиевые полевые шпаты - ортоклаз, микроклин, адуляр, санидин; плагиоклазы - альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит; бариевые полевые шпаты - цельзиан, гиалофан), лейцит, поллуцит, нефелин. Каркасные алюмо- и бериллосиликаты с добавочными анионами: минералы группы скаполита (мейонит-мариалит), канкринит, содалит, лазурит, минералы группы гельвина (гельвин, даналит, гентгельвин). Водосодержащие каркасные алюмосиликаты без добавочных анионов (цеолиты): натролит, анальцит, шабазит, стильбит (=десмин), гейландит, клиноптилолит, морденит.

23. *Природные ассоциации минералов*

24. *Магматические минеральные ассоциации.* Понятие о магме, ее состав. Дифференциация магмы при ее остывании. Отделение летучих от магматического расплава. Ликвация и кристаллизационная дифференциация. Последовательность выделения главных силикатных минералов. Общие схемы отделения и концентрации рудных минералов при магматическом процессе. Типичные минеральные ассоциации, связанные с основным и ультраосновным типами магмы. Минеральные ассоциации в месторождениях алмаза, хромита, титаномагнетита, платиноидов, апатита. Понятие о карбонатитах, их минеральный состав и различные представления о генезисе.

25. *Минеральные ассоциации пегматитов.* Понятие "пегматит" и общая характеристика пегматитового процесса. Развитие учения о генезисе пегматитов в работах А.Е. Ферсмана, его последователей и оппонентов. Роль летучих при образовании пегматитов. Температурная градуировка пегматитового процесса. Изменение состава последовательно кристаллизующихся минералов в пегматитовых образованиях. Роль метасоматических процессов. Минеральный состав гранитных пегматитов. Типы структур и текстур; характеристика главных зон. Общая схема классификации гранитных пегматитов, характерные минеральные ассоциации, структурно-текстурные особенности и отдельные типы. Щелочные пегматиты - сиенитовые и нефелин-сиенитовые.

26. *Минеральные ассоциации скарнов.* Общая характеристика контактово-метасоматических процессов минералообразования. Роль летучих,

надкритических растворов и гидротермальных процессов. Различные типы минеральных образований при метасоматических процессах. Известковые и магниальные скарны. Образование минералов и минеральных ассоциаций в скарнах. Гидротермальные изменения скарновых минералов. Типичные для скарнов ассоциации рудных минералов.

27. *Минеральные ассоциации альбититов и грейзенов.* Понятия "альбитит" и "грейзен". Физико-химические условия образования. Геохимическая и минералогическая характеристика. Зональность грейзеновых и связь с гидротермальными ассоциациями.
28. *Гидротермальные минеральные ассоциации.* Связь гидротермальных растворов с магматическими очагами. Способы переноса и отложения вещества в гидротермальных растворах. Роль коллоидов в отложении минералов гидротермальных ассоциаций; признаки, указывающие на отложение минералов из коллоидных систем. Типичные минеральные ассоциации в гидротермальных образованиях. Типы минеральных ассоциаций и их связь с глубиной образования. Минеральные ассоциации безрудных гидротермальных образований (цеолитный процесс).
29. *Минеральные ассоциации гипергенных процессов.* Общие условия и факторы, определяющие характер гипергенных процессов. Условия и закономерности образования минералов при выветривании сульфидных минеральных ассоциаций. Зональность зоны окисления, причины зональности. Минеральный парагенезис окисления руд свинцово-цинковых и медных месторождений. Условия и закономерности образования минералов в коре выветривания пород. Стадийное гидрохимическое выветривание минералов. Минералы, образующиеся в коре выветривания и остаточные минералы. Профиль коры выветривания и характеристика минеральных ассоциаций в главных зонах на примере коры выветривания ультраосновных и глиноземистых пород. Латеритный тип выветривания (бокситизация). Механическая и гидрохимическая дифференциация вещества при минералообразовании в осадках. Россыпи и их главнейшие минеральные ассоциации. Минералы, образующиеся при биогенных процессах осадконакопления.
30. *Минеральные ассоциации метаморфических образований.* Краткая физико-химическая характеристика процессов образования минералов при региональном метаморфизме. Понятие о зонах глубинности. Особенности

структур и минеральных агрегатов при метаморфизме. Типичные минеральные ассоциации в различных по исходному составу метаморфических породах. Примеры минеральной ассоциации в метаморфических месторождениях: железистые кварциты, силлиманит-дистеновые породы, месторождения наждака, корунда, графита, окисно-силикатных марганцевых руд. "Альпийские" жилы.

31. Ударный (импактный) процесс минералообразования. Фазы высокого давления.

**2. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы вступительного экзамена в аспирантуру по специальности**

25.00.05 - Минералогия, кристаллография

*Основная литература*

1. Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. Недра, Москва, 1976.
2. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М., Недра, 2011.
3. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогенез минералов М., Наука, 1975.
4. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П., Загальская Ю.Г. Кристаллография. М. Изд. МГУ, 1992.
5. Пушаровский Д.Ю. Рентгенография минералов. М. Геоинформмарк, 2000, 296 с.
6. Пушаровский Д.Ю., Урусов В.С. Структурные типы минералов. МГУ, Москва, 1990.
7. Станкеев Е.А. Генетическая минералогия. М., Недра, 1986.
8. Урусов В.С., Еремин Н.Н. Кристаллохимия. М., Изд-во МГУ, 2010.
9. Рентгенография основных типов породобразующих минералов. Под ред. В.А.Франк-Каменецкого. Л., "Недра", 1983.
10. Синтез минералов. В 3-х томах. Александров, ВНИИСИМС, 2000.
11. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Л., Наука, 1977.

*Основная литература*

1. Булах А.Г. Общая минералогия. СПб, 1999.
2. Годовиков А.А. Минералогия. М., Недра, 1983.
3. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П. Теория симметрии кристаллов. М. Изд. ГЕОС, 2000.
4. Марфунин А.С. Введение в физику минералов. М., Недра, 1974.

12. Современная кристаллография. Том 3 / А.А. Чернов, Е.И. Гиваргизов, Х.С. Багдасаров и др. Образование кристаллов. М. Наука, 1980.
5. Урусов В.С. Теоретическая кристаллохимия. МГУ, Москва, 1987.

*Программное обеспечение*

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института геологии и нефтегазовых технологий. КФУ от 11.04.2012 г., протокол № 27.

### **СОГЛАСОВАНО**

Директор Института Геологии и нефтегазовых технологий, профессор

\_\_\_\_\_ Нургалиев Д.К.

Зав.отд.аспирантуры и докторантуры

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.М.Нуриева