

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
Проректор по научной деятельности


_____ Д.А. Тагорский
« 26 » _____ 2025 г.



Программа кандидатского экзамена по научной специальности
1.6.4. Минералогия, кристаллография.
Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Цель:

Целью является формирование комплекса профессиональных знаний, умений и владений в области строения и физических свойств минералов, основных особенностей их состава, геохимическим методов съемки и поиска месторождений ПИ.

Задачами является выявление:

Знаний, которые помогут будущим специалистам при поисках и разведки стратегического минерального сырья для пополнения минерально-сырьевой базы Российской Федерации.

Основные требования:

Знает

- законы геологии, отражающие устойчивые взаимосвязи между фактами, явлениями и геологическими событиями;
- основы научной деятельности и академической коммуникации,
- основные исторические этапы развития науки;
- разновидности научного метода;

Умеет

- формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования;
- получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных
- ориентироваться в основных мировоззренческих и методологических проблемах, возникающих на современном этапе развития науки;
- работать с научными текстами и содержащимися в них смысловыми конструкциям;
- использовать в профессиональной деятельности знание традиционных и современных проблем методологии науки

Владеет

- навыками анализа и обработки геологической и геохимической информации

Порядок проведения кандидатского экзамена

Кандидатские экзамены проводятся по билетам в форме устного опроса и письменного ответа. Для подготовки ответа экзаменуемые используют экзаменационные листы. Время для подготовки ответа – 30 минут

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине сдается по программе, состоящей из двух частей: типовой программы - минимум по специальности, разрабатываемой в Институте, и дополнительной программы, разрабатываемой соответствующей кафедрой. Дополнительная программа должна включать новые разделы, связанные с направлением исследований аспиранта (соискателя), а также учитывать последние достижения в данной отрасли науки и новейшую литературу. Дополнительная программа утверждается на заседании Ученого совета института.

Критерии оценивания

Оценка выставляется в соответствии со следующими критериями.

Оценку «отлично» заслуживает экзаменуемый, обнаруживший всесторонние, систематические и глубокие знания программного материала, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется лицам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для

приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала.

Оценку **«хорошо»** заслуживает экзаменуемый, обнаруживший полные знания программного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется лицам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы в аспирантуре и профессиональной деятельности;

Оценку **«удовлетворительно»** заслуживает экзаменуемый, обнаруживший знания основного программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется лицам, допустившим погрешности при ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется экзаменуемому, обнаружившему пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой экзаменационных заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится лицам, которые не могут быть допущены к повторной сдаче экзамена без дополнительных занятий по дисциплине.

Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности

1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

1 блок:

1. 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, секреты 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, акцессорные, 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. Принципы, лежащие в основах современных классификаций минералов. Кристаллохимическая систематика минералов. Минеральные виды и разновидности.

8. 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.

9. 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.

10. 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 магнезиальные скарны. Образование минералов и минеральных ассоциаций в скарнах. Гидротермальные изменения скарновых минералов. Типичные для скарнов ассоциации рудных минералов.

11. Минеральные ассоциации альбититов и грейзенов. Понятия "альбитит" и "грейзен". Физико-химические условия образования. Геохимическая и минералогическая характеристика. Зональность грейзеновых и связь с гидротермальными ассоциациями.

12. 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).

13. 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.

14. 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.

2 блок:

Кристаллография

1. Пространственная решетка как фундамент геометрической теории строения кристаллов. Основные законы кристаллографии в свете решетчатого строения кристаллов. Операции и элементы симметрии.

2. 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.

3. 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 не закономерные сростания кристаллов.

4. Типы решеток Браве, их вывод. Понятие "элементарная ячейка". Симметрия решеток Браве. Трансляционные элементы симметрии. Пространственные (федоровские) группы симметрии, их обозначения. Правильные системы точек, их основные характеристики.

5. 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.

6. Орбитальные радиусы атомов и ионов. Радиусы ионов в кристаллах. Потенциалы ионизации и сродство к электрону. Электроотрицательность. Кислотно-основные свойства атомов и ионов.

7. Основной закон кристаллохимии Гольдшмидта. Критерии устойчивости структурного типа. Правила Полинга для ионных кристаллов. Правила устойчивости структурных типов ковалентных и существенно ковалентных кристаллов.

8. Полиморфизм как общее свойство кристаллических веществ. История открытия полиморфизма как явления. Классификация полиморфизма. Полиморфные переходы первого и второго рода. Структурные аспекты явления полиморфизма. Политипия. Отличие политипии от полиморфизма. Способы описания политипных структур.

9. Изоморфизм. Изоморфизм и изоструктурность. Изодиморфизм. Классификация изоморфизма. Его соотношение с твердыми растворами. Классические правила изоморфизма Гольдшмидта-Ферсмана. Основы количественной теории изоморфизма. Изоморфизм как функция температуры и давления. Распад изоморфных смесей при понижении температуры и повышении давления.

10. Рост и морфология кристаллов. Кристаллообразование в гомогенных средах. Фазовые равновесия и переходы. Кристаллизация как фазовый переход. Диаграммы состояния систем. Работа, необходимая для формирования кристаллической фазы. Флуктуационная природа зародышеобразования. Геометрическая модель образования зародышей.

11. 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.

12. Тепло- и массоперенос при кристаллизации. Диффузионные и поверхностные процессы. Кинетический и диффузионный режим кристаллизации. Внешняя форма и однородность реальных кристаллов. Кристаллохимически обусловленная форма кристалла. Современная трактовка равновесной формы. Формы роста. Скелетные формы. Нитевидные кристаллы. Расщепление кристаллов. Сферолиты. Ритмический рост. Геометрический отбор.

13. 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. Секториальное и зонарное строение кристаллов. Дислокации как источники слоев роста. Формирование двойников. Дефекты упаковки. Границы блоков. Гетерогенные включения маточной среды и посторонних частиц.

14. 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.

15. Физические и химические методы исследования кристаллов. Рентгенография минералов и рентгеноструктурный анализ.

16. Окраска кристаллов. Избирательное поглощение, как причина появления окраски. Интерпретация природы окраски минералов.

17. Оптические свойства кристаллов. Природа световых лучей и основные понятия кристаллооптики. Связь поляризуемости атомов с величиной показателя преломления. Влияние структурных особенностей на оптические свойства кристаллов.

18. Магнитные свойства кристаллов. Магнитный момент электрона и атома. Особенности магнитных свойств кристаллов (диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики).

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Основная литература:

1. Бойко, С. В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия: учебное пособие / Бойко С.В. - Красноярск: Северный федеральный университет, 2015. - 212 с. - ISBN 978-5-7638-3223-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/550292> (дата обращения: 22.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Брагина, В. И. Кристаллография, минералогия и обогащение полезных ископаемых: учебное пособие / В. И. Брагина. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-2647-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/492236> (дата обращения: 22.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

3. Бондарев, В. П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии: учебное пособие / В. П. Бондарев. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 277 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-780-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2017317> (дата обращения: 22.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

4. Аникина, В. И. Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения: практикум / В. И. Аникина, А. С. Сапарова. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-2195-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441367> (дата обращения: 22.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Сулименко, Л. М. Общая технология силикатов: учебник / Л.М. Сулименко. — Москва: ИНФРА-М, 2025. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-009741-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2184875> (дата обращения: 22.01.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Еремин, Н. Н. Занимательная кристаллография: учебное пособие / Н. Н. Еремин, Т. А. Еремина. — Москва: МЦНМО, 2013. — 148 с. — ISBN 978-5-4439-2154-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/56566> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ермолов, В. А. Кристаллография, минералогия и геология камнесамоцветного сырья : учебное пособие для вузов / Ермолов, В. А. , Дунаев, В. А. , Мосейкин, В. В. ; под ред. В. А. Ермолова. - Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2009. - ISBN 978-5-98672-151-4. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента»: [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785986721514.html> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа: по подписке.

Информационное обеспечение

Минералогия <http://ru.wikipedia.org/wiki/Минералогия>

Минералогия

http://www.krugosvet.ru/enc/Earth_sciences/geologiya/MINERALI_I_MINERALOGIYA.html

Минералогия <http://web.ru/db/msg.html?mid=1166351>

Минералогия <http://www.mining-enc.ru/m/mineralogiya/>

Минералогия <http://swimcincinnati.com/>

Mineral data on individual species are linked to the following mineral table by crystallography, <http://webmineral.com>

Структуры некоторых кристаллов <http://departments.kings.edu>

Справочник по кристаллографии <http://www.ggd.nsu.ru/Crystal/help.html>

Геохимия http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7767

Геохимия <http://www.geohit.ru/geochem/1.html>

Геохимия. <http://www.geolcom.ru/lib/geokhimiya.html>