### Список вопросов кандидатского экзамена по специальности

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

**Минералогия, кристаллография**

**Кристаллография**

### Кристаллографические координатные системы. Распределение 32-х кристаллографических классов по 6-ти сингониям и 3-м категориям. Международная символика (символика Германа-Могена) точечных групп симметрии.

### Понятия «облик» и «габитус» кристалла. Симметрия и форма реальных кристаллов. Использование микрорельефа граней, фигур травления для уточнения точечной группы кристалла.

### Символы граней и ребер кристаллов. Закон Вейса (закон зон) и его использование при определении символов ребер и граней кристаллов.

### Геометрический отбор. Закономерные и незакономерные срастания кристаллов.

### Типы решеток Браве, их вывод. Понятие "элементарная ячейка". Симметрия решеток Браве. Трансляционные элементы симметрии. Пространственные (федоровские) группы симметрии, их обозначения

**Кристаллохимия**

1. Потенциальная кривая химической связи. Классификация кристаллических структур по типам химической связи и структурным группировкам. Основные и промежуточные типы химической связи.
2. Принципы теории плотнейшей упаковки. Изображение структурных типов с помощью полиэдров. Основные структурные типы.
3. Орбитальные радиусы атомов и ионов. Радиусы ионов в кристаллах. Основной закон кристаллохимии Гольдшмидта.
4. Потенциалы ионизации и сродство к электрону. Электроотрицательность. Кислотно-основные свойства атомов и ионов.
5. Электронная структура переходных элементов. Расщепление энергии d- и f- уровней в кристаллическом поле различной симметрии.
6. 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.
7. Гомологические ряды. Фазы вычитания и внедрения.
8. Полиморфные переходы первого и второго рода. Структурные аспекты явления полиморфизма. Политипия, отличие политипии от полиморфизма. Способы описания политипных структур.

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

**Рост и морфология кристаллов**

1. Поверхностная энергия. Движущая сила кристаллизации и способы ее выражения. Геометрическая модель образования зародышей.
2. Механизм роста совершенных кристаллов.
3. Структура границы раздела фаз. Адсорбционный слой.
4. Нормальный и послойный рост кристаллов. Условия их реализации. Анизотропия скоростей послойного роста грани.
5. Тепло- и массоперенос при кристаллизации. Диффузионные и поверхностные процессы. Кинетический и диффузионный режим кристаллизации.
6. Скелетные формы. Нитевидные кристаллы. Расщепление кристаллов. Сферолиты. Секториальное и зонарное строение кристаллов.
7. Ортотропизм, Ритмический рост. Геометрический отбор.
8. Равновесное и неравновесное распределение примесей при кристаллизации. Эффективные коэффициенты распределения.
9. Концентрационное переохлаждение.
10. Дислокации как источники слоев роста. Дефекты упаковки. Формирование двойников.
11. Критерии выбора и общая классификация методов выращивания кристаллов. Сравнительная морфология минералов и их синтетических аналогов.
12. 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".

**Свойства кристаллов**

1. Избирательное поглощение, как причина появления окраски. Интерпретация природы окраски минералов в рамках зонной теории, теории молекулярных орбиталей и теории кристаллического поля.
2. Природа световых лучей и основные понятия кристаллооптики. Связь поляризуемости атомов со значением показателя преломления.
3. Влияние структурных особенностей на оптические свойства кристаллов. Симметрия полярных кристаллов.
4. Особенности состава и строения люминесцентных и лазерных кристаллов.
5. Магнитные свойства кристаллов. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
6. Сегнетоэлектрические свойства кристаллов. Линейные пироэлектрики, сегнетоэлектрики, антисегнетоэлектрики.
7. Связь полупроводниковых свойств с кристаллической структурой.
8. Основные методы исследования структуры и свойств кристаллов; рентгеновская дифракция на порошках и монокристаллах.
9. Рентгеноспектральные методы определения хим. состава, ИК-, КР- спектроскопия.

**Минералогия**

1. Принципы современной классификации минералов. Кристаллохимическая классификация минеральных видов.
2. Критерии выделения типов, классов, подклассов и групп минералов. Правило 50% при выделении минеральных видов в изоморфных смесях.
3. Минералогия различных промышленных и генетических типов месторождений благородных, черных, цветных, редких металлов и элементов и неметаллического сырья.
4. Минералогическое картирование и минералогические методы поисков и оценки месторождений полезных ископаемых.
5. Технологическая минералогия, минералого-технологическое картирование и обоснование эффективной технологии переработки минерального сырья, утилизации промышленных и других отходов.
6. Минералогия алмазов и камнесамоцветного сырья, минералогическое обеспечение геммологи, экспертная оценка, аппаратурная диагностика и сертификация драгоценных и цветных камней.
7. Экологическая минералогия.
8. Биоминералогия
9. Космическая минералогия.

**Геохимия, геохимические методы полезных ископаемых**

**Космохимия.**

1. Положение Земли во Вселенной, её физические константы.
2. Химические и физические характеристики Понятие “космической” распространенности, основные закономерности распространенности ядер в зависимости от атомного номера.
3. Происхождение химических элементов: космический нуклеосинтез, реакции горения в недрах звезд, e-, s- r-процессы, эксплозивный нуклеосинтез.
4. Последовательность конденсации вещества из газового облака.
5. Метеориты, их минеральный и химический состав, классификация метеоритов.
6. Модели строения и состава Земли.
7. Распространенность элементов в планетном веществе, гипотеза об аналогии твердого вещества планет и метеоритов.
8. Основные факторы, определяющие вариации состава планет: расстояние от Солнца, время аккреции, импактные процессы.
9. Данные о планетах земной группы: средняя плотность планет, роль металлических ядер, коры планет.
10. Представление об атмосферах и гидросферах, два типа атмосфер планет.

**Изотопная геохимия**

1. Строение ядер атомов, диаграмма нуклидов.
2. Стабильность ядер и распространенность изотопов; радионуклиды.
3. Радиоактивность и ее виды, закон радиоактивного распада, уравнение определения возраста; геохронологическая шкала.
4. Методы изотопного датирования (K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb, Lu-Hf, Re-Os), особенности и области применения. Модельный возраст, особенности интерпретации модельных возрастов для гранитоидов и осадочных пород.
5. Применение изотопной геохимии Sr, Nd, Hf, в решении задач геологии.
6. Космогенные радионуклиды и их значение для решения геологических задач.
7. Стабильные изотопы, причины изотопного фракционирования, основные области применения данных по геохимии стабильных изотопов.
8. Геохимические классификация элементов. Классификации В.М.Гольшмидта, В.И.Вернадского, А.Е.Ферсмана, А.Н.Заварицкого и их основания. Распределение и факторы миграции элементов в природных системах. Состояние (формы нахождения) элементов в природе.
9. Периодический закон Д.И.Менделеева и классификации элементов.
10. Минералы как продукты природных реакций, ограниченность числа минеральных видов. Рассеяние элементов в природе, формы рассеяния, неструктурные примеси. Основные свойства атомов и ионов и их влияние на распределение и миграцию элементов в природных системах.
11. Понятие о миграции; внутренние и внешние факторы миграции.

**Геохимия процессов**.

1. Геохимия магматического процесса. Индикаторные отношения изотопов и редких элементов в магматических породах.
2. Понятия о редких когерентных и некогерентных элементах; коэффициенты распределения; различия в составе субстратов, магм и остаточных расплавов.
3. Основные факторы, определяющие редкоэлементный состав магм. Влияние ассимиляции, смешения, ликвации, эманационной дифференциации на редкоэлементный состав магматических пород.
4. Геохимия пегматитового процесса.Состав и классификации пегматитов (по А.Е.Ферсману, А.И.Гинзбургу и Г.Г.Родионову, Б.М.Шмакину).
5. Представления о механизмах формирования; магматический и постмагматический этапы пегматитообразования. Редкоэлементный состав пегматитов различных типов; поведение петрогенных, летучих и редких элементов при формировании пегматитов.
6. Геохимия процесса метаморфизма. Главные факторы, определяющие минеральный и химический состав метаморфических пород.
7. Типы метаморфизма, поведение элементов в открытых и закрытых системах. Миграция элементов при региональном и контактовом метаморфизме; инертные и подвижные элементы. Использование геохимических данных для реконструкции протолитов метаморфических пород.
8. Геохимия гидротермального процесса. Основные типы гидротермально-метасоматических процессов, ассоциации элементов, характерные для продуктов кислотного и щелочного метасоматоза.
9. Состав, концентрация, Т и Р гидротерм. Изотопно-геохимические данные об источниках гидротермальных растворов и рудного вещества
10. Формы миграции металлов в гидротермах; основные факторы отложения рудных минералов, геохимические барьеры.
11. Геохимия процессов выветривания и седиментации. Основные агенты и химические процессы в зоне гипергенеза.
12. Основные реакции при химическом выветривании, продукты выветривания. Дифференциация вещества в процессах выветривания, эрозии, переноса и отложения осадков.
13. Вклад взвешенной, сорбированной и растворенной форм переноса вещества в формирование основных типов осадочных пород. Состав основных типов осадочных пород.Специфика состава глубоководных океанических осадков.
14. Роль органического вещества в концентрации микроэлементов в осадках.
15. Геохимические индикаторы областей сноса терригенных пород.

Геохимия Земли, её геосфер.

1. Источники сведений о составе и строении мантии. Минеральный состав мантии и его изменение с глубиной.
2. Химический состав верхней мантии, его отличие от состава хондритов. Представление о примитивной мантии.
3. Особенности состава нижней мантии.Обзор моделей строения мантии.
4. Представления о гетерогенности мантии по данным о геохимии базальтов СОХ и океанических островов. Корреляция изотопного состава Nd, Sr, Pb для океанических базальтов, свинцовый парадокс.
5. Геохимия верхней мантии по данным о составе перидотитов альпинотипных и офиолитовых массивов и глубинных ксенолитов.
6. Особенности редкоземельного состава лерцолитов и гарцбургитов; деплетированный и фертильный типы, модели их образования.

Геохимия земной коры.

1. Представления о строении земной коры по вертикали; типы земной коры. Распространенность элементов в земной коре, методы оценки.
2. Современные модели состава осадочной оболочки, верхней и нижней континентальной коры и земной коры в целом (модели Ронова-Ярошевского, Тейлора-Мак-Леннана, Уивера-Тарни, Ведеполя, Рудник-Фаунтейна).
3. Особенности состава континентальной коры в целом, механизмы и скорости роста континентальной коры.

Геохимия атмосферы.

1. Строение и химический состав атмосферы. Происхождение атмосферы: «избыток летучих», дегазация мантии. Данные о распространенности инертных газов в атмосфере и мантии. Эволюция состава атмосферы в позднем докембрии и фанерозое.
2. Геохимия гидросферы. Масса и состав гидросферы. Состав океанической воды. Главные и рассеянные элементы в морской воде, формы их нахождения. Распределение элементов в океанической воде: консервативные элементы, растворенные газы, нутриенты, элементы, реагирующие с частицами.
3. Взаимодействие океанической воды с породами дна. Источники растворенного вещества в морской воде: речной сток, гидротермальные потоки, атмосфера.
4. Осаждение вещества в океане: биогенное поглощение, реакции с глинистыми частицами, осаждение гидроокислами и окислами, осаждение эвапоритовых солей.
5. Материковые воды, источники минерализации, особенности состава вод рек и озер, подземных вод. Классификация природных вод по А.И Перельмана, классификационные параметры: температура, окислительно восстановительные и кислотно-щелочные условия, минерализация, растворимые огранические вещества, ионный состав.

Геохимия биосферы.

1. Определение биосферы.Количество и химический состав живого вещества, ассоциации элементов живого вещества
2. Накопления организмами элементов и изотопов. Роль органического вещества в геохимической миграции элементов.
3. Определения ноосферы и техногенеза по А.Е. Ферсману и А.И. Перельману.Зависимость размера добычи металла от кларка.
4. Характеристика процессов техногенной миграции.Технофильность элемента. Добыча и последующее рассеяние металла при переработке руд.
5. Оптимизация техногенеза. Типы техногенных аномалий: - глобальные и локальные

Методы в геохимии

1. Методы проведения полевых исследований. Репрезентативность отбора проб.

Хранение, транспортировка и подготовка проб к анализу.

1. Методы аналитических исследований в прикладной геохимии. Определение содержаний элементов и форм их нахождения в геологических объектах. Химический и физико-химический методы анализа.
2. Эмиссионная спектроскопия, атомно-абсорбционный анализ, рентгеноспектральный метод, масс-спектрометрические и нейтронно-активационный методы. Возможности и ограничения методов.Математическая обработка геохимических данных и составление геохимических карт.
3. Оценки параметров по выборкам геохимических данных. Численные оценки качества анализа проб. Определение фоновых содержаний и выявление аномалий.
4. Представление о геохимических методах поисков: их основания и задачи.
5. Объекты, изучаемые при прогнозировании и поисках месторождений твердых полезных ископаемых. Задачи, решаемые методами прогнозно-поисковой геохимии на различных стадиях геологоразведочного процесса.
6. Геохимические индикаторы, поисковые критерии и признаки. Классификация геохимических методов поисков полезных ископаемых.Общая последовательность поисково-геохимических работ.