

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Директор ИГХ СО РАН**

---

**д.г.-м.н. А.Б. Перепелов**

**« 19 » января 2026 г.**

**П Р О Г Р А М М А**  
**ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ**  
**ПОСТУПАЮЩИХ В МАГИСТРАТУРУ**

**05.04.01 Геология**

**направленность "Геохимия, минералогия и геоэкология"**

**Иркутск**  
**2026 год**

## Минералогия

1. Минералогия как наука, ее содержание и задачи. Основные этапы истории развития минералогии. Связь минералогии с другими науками. Основные понятия и термины минералогии.
2. Понятие о минерале. Физические свойства минералов. Связь физических свойств с составом, структурой и условиями образования минералов (типоморфизм). Определение минералов по их диагностическим свойствам (твёрдость, спайность, удельный вес, оптические, магнитные, электрические и радиоактивные свойства).
3. Конституция минералов (атомные и ионные радиусы, элементарная ячейка, типы химических связей элементов в минералах, плотнейшая упаковка, координационное число и координационные многогранники, способы изображения кристаллических структур).
4. Химический состав и свойства минералов. Изоморфизм, типы изоморфных замещений. Твердые растворы и их распад. Полиморфизм, политипия, псевдоморфизм. Аморфное, стеклообразное и коллоидное состояние вещества. Природа окраски минералов.
5. Структурно-химическая систематика минералов. Классификации Г. Штрунца-Э. Г. Никеля и Дж. Д. Дэна.
6. Способы записи формул минералов. Идеальные структурно-химические формулы минералов. Пересчет химических анализов минералов.
7. Простые вещества (металлы, полуметаллы, неметаллы, интерметаллиды): медь, серебро, золото, железо, сера, графит, алмаз.
8. Сернистые соединения и их аналоги (простые и сложные сульфиды, сульфосоли, персульфиды и их аналоги) халькопирит, халькозин, борнит, ковеллин, пирит, марказит, арсенопирит, пирротин, пентландит, галенит, сфалерит, киноварь, аурипигмент, реальгар, стибнит, висмутин.
9. Простые и сложные оксиды, гидроксиды: шпинель, магнетит, хромит, гематит, ильменит, рутил, касситерит, брукит, анатаз, корунд, пиролюзит, гётит, гидрогётит, кварц и его разновидности, опал.
10. Островные силикаты: ортосиликаты и диортосиликаты: оливины, гранаты, циркон, топаз, титанит (сфен), везувиан, эпидот, хризокolla, лампрофиллит, андалузит, силлиманит, кианит (дистен), ставролит.
11. Кольцевые силикаты: берилл, турмалин, кордиерит, диоптаз, эвдиалит.
12. Цепочечные силикаты: энстатит, диопсид, авгит, жадеит, эгирин, сподумен, волластонит, родонит, астрофиллит.
13. Ленточные силикаты: роговая обманка, антофиллит, глаукофан, рибекит, арфведсонит.
14. Слоистые силикаты: флогопит, мусковит, вермикулит, лепидолиты, тальк, хлориты, серпентины, каолинит.
15. Каркасные силикаты: калиевые полевые шпаты, плагиоклазы, скаполит, фельдшпатоиды, цеолиты.
16. Карбонаты: кальцит, родохрозит, сидерит, магнезит, смитсонит, арагонит, стронцианит, витерит, церуссит, доломит, анкерит, малахит, азурит.
17. Фосфаты, арсенаты и ванадаты: ксенотим, монацит, апатит, пироморфит, ванадинит, вивианит, эритрин, аннабергит, бирюза, отенит, торбернит.
18. Вольфраматы, молибдаты и хроматы: шеелит, повеллит, вульфенит, гюбнерит, ферберит, крокоит.

19. Галогениды: флюорит, галит, сильвин, карналлит.
20. Магматические процессы и магматические ассоциации минералов.
21. Типичные минеральные ассоциации, связанные с основным и ультраосновным типами магмы.
22. Понятие о карбонатитах, их минеральный состав и различные представления о генезисе
23. Ассоциации минералов в пегматитах.
24. Грейзены (условия проявления, генетические ассоциации минералов).
25. Минеральные ассоциации альбититов.
26. Скарны (условия проявления, генетические ассоциации минералов).
27. Пропилиты, аргиллизиты, березиты, вторичные кварциты (условия образования, генетические ассоциации минералов).
28. Минеральные ассоциации кор выветривания.

### **Кристаллография**

1. История развития кристаллографии как науки.
2. Симметрия кристаллов. Кристаллическое вещество.
3. Операции и элементы симметрии кристаллов. Элементы симметрии I рода. Элементы симметрии II рода.
4. Методы проецирования кристаллов. Сферические проекции. Стереографические проекции. Гномостереографические проекции.
5. Различные способы представления симметрических операций: модельный, координатный, представление симметрических операций путем преобразования координатной системы
6. Основные положения теории групп.
7. Взаимодействия симметрических операций (элементов симметрии). Осевая теорема Эйлера. Основы сферической тригонометрии и ее основные формулы. Частные случаи теоремы Эйлера.
8. Обозначения групп симметрии по А. Шенфлису.
9. Кристаллографические координатные системы. Кристаллографические категории. Кристаллографические системы (сингонии).
10. Международные обозначения классов симметрии (символика Германна-Могена)
11. Простые формы кристаллов. Общие представления.
12. Вывод простых форм кристаллов в классах низшей и средней категорий.
13. Вывод простых форм кристаллов в классах высшей категории – кубической сингонии.
14. Гониометрия
15. Общие сведения об образовании кристаллов. Образование кристаллов в природе. Причины и условия образования кристаллов. Краткая история получения искусственных кристаллов.
16. Механизмы роста кристаллов. Структурные дефекты в кристаллах. Факторы, влияющие на внешний облик кристаллов.
17. Морфологические особенности реальных кристаллов. Скульптура граней кристалла. Формы роста кристаллов. Сrostки кристаллов. Симметрия двойников. Использование теории антисимметрии для описания двойников кристаллов
18. Краткие сведения о методах выращивания кристаллов.
19. Методы выращивания кристаллов из растворов.
20. Выращивание кристаллов из растворов в высокотемпературных расплавах – метод кристаллизации из раствора в расплаве.
21. Методы выращивания кристаллов из расплава.
22. Методы выращивания кристаллов из газовой (паровой) фазы.

23. Предмет кристаллохимии. Исторические сведения. Задачи, решаемые кристаллохимией.
24. Симметрия кристаллических структур. Пространственная решетка. Ячейки Браве – элементарные ячейки. Типы решеток Браве. Трансляционные элементы симметрии. Пространственные (федоровские) группы симметрии.
25. Координационные числа, координационные полиэдры, число формульных единиц.
26. Координационное число (КЧ). Координационные полиэдры (КП). Число формульных единиц (Z). Словесное описание кристаллической структуры.
27. Типы химической связи в кристаллах: Металлическая, ионная связь, ковалентная связь, ван-дер-ваальсова связь, водородная связь. Классификация кристаллических структур на основе локализованных в них типов химической связи.
28. Геометрический характер структуры.
29. Плотнейшие шаровые упаковки в кристаллах. Теория плотнейших упаковок. Симметрия плотноупакованного слоя. Симметрия двухслойной гексагональной и трехслойной (кубической) плотнейшей упаковки. Пустоты в плотнейших упаковках. Их расположение и симметрия. Полиэдрический метод изображения кристаллических структур (метод Полинга-Белова). Симметрия многослойных плотнейших упаковок.
30. Изоструктурность, изотипия, гетеротипия.
31. Кристаллохимические радиусы: металлические, ионные, ковалентные, ван-дер-ваальсовы. Геометрические пределы устойчивости кристаллических структур.
32. Основные категории кристаллохимии. Морфотропия. Полиморфизм. Политипия. Изоморфизм.
33. Основы кристаллохимии силикатов. История становления кристаллохимии силикатов. Классификация силикатов. Силикаты с конечными кремнекислородными мотивами – островные силикаты. Силикаты с бесконечными кремнекислородными мотивами.
34. Физические свойства минералов. Скалярные, векторные и тензорные свойства. Понятие тензора. Плотность кристаллов. Механические свойства кристаллов. Тепловые свойства кристаллов. Оптические свойства кристаллов. Электрические свойства кристаллов. Магнитные свойства кристаллов.
35. Методы исследования внутреннего строения кристаллов. Общие сведения.
36. Дифракционные методы исследования вещества. Рентгеновские методы. Электронография. Нейтронография.
37. Спектроскопические методы. Оптическая спектроскопия. Инфракрасная и спектроскопия комбинационного рассеяния света. Рентгеноспектральные методы анализа. Рентгеновский микроанализатор. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс. Ядерный гамма-резонанс – эффект Мессбауэра.

### **Геохимия**

1. Объект исследования геохимии. Взаимоотношение с другими науками. Труды основоположников геохимии. Направления и методы исследования геохимии.
2. Строение атомных ядер. Космическая распространенность химических элементов. Закон Оддо-Гаркинса. Синтез химических элементов.
3. Минеральный и химический состав метеоритов. Хондритовая модель Земли.
4. Планеты внутренние и внешние, главные различия в их составе. Представление о фракционировании элементов при формировании Солнечной системы.
5. Строение атомов, валентность, атомные и ионные радиусы, типы химической связи и их свойства, электроотрицательность. Поляризация и образование комплексных ионов. Роль комплексных соединений в миграции химических элементов и рудообразовании.

6. Изоморфизм: совершенный и несовершенный; изовалентный и гетеровалентный (примеры). Современные представления о факторах изоморфизма. Изоморфные семейства и ряды элементов таблицы Д. И. Менделеева. Изоморфизм как определяющий фактор поведения микроэлементов.
7. Геохимическая классификация элементов В.М. Гольдшмидта, ее физико-химические и геохимические основы. когерентные (совместимые) и некогерентные (несовместимые) элементы.
8. Изотопный состав химических элементов. Стабильные и радиоактивные изотопы. Отношения стабильных изотопов. Фракционирование стабильных изотопов в природных процессах. Коэффициент разделения изотопов, его зависимость от температуры.
9. Радиоактивные изотопы и изотопная геохронология. Постоянная радиоактивного распада как основа изотопной геохронологии. Основные методы определения изотопного (абсолютного) возраста геологических объектов.
10. Миграция элементов, понятие о формах миграции. Геохимические барьеры.
11. Внутреннее строение Земли. Предполагаемый состав геосфер и методы его определения.
12. Основные черты геохимии литосферы, главные химические компоненты ее состава. Различия в концентрациях породообразующих и редких элементов литосферы, единицы их измерения. Кларки.
13. Строение и состав океанической и континентальной коры.
14. Геохимия мантии Земли. Различные типы мантии (нижняя и верхняя). Дифференциация мантии и мантийные резервуары.
15. Гидросфера. Химический состав океанов и поверхностных вод суши.
16. Химический состав атмосферы Земли, ее уникальность, представления об эволюции земной атмосферы.
17. Классификация магматических пород.
18. Источники и механизмы образования магматических расплавов. Поведение элементов в процессах генерации и кристаллизации магм. Механизмы дифференциации магм. Схема магматической дифференциации расплавов основного состава по Н. Л. Боуэну.
19. Геохимическая классификация базальтов.
20. Петролого-геохимические классификации гранитов.
21. Геохимия пегматитов. Развитие представлений о происхождении пегматитов. Минералого-геохимическая классификация пегматитов.
22. Современные теории рудообразования. Основы представлений Д. С. Коржинского о стадийности постмагматических процессов. Природа рудоносных растворов. Представления о формах переноса рудных элементов в гидротермальных растворах. Главные летучие компоненты гидротермальных растворов и их роль в переносе рудных элементов.
23. Физико-химические и геохимические факторы рудоотложения. Геохимические ассоциации элементов в рудных месторождениях, главные рудные элементы и элементы-спутники.
24. Геохимия метаморфических процессов. Учение о метаморфических фациях. Закономерности распределения компонентов в сосуществующих минералах переменного состава. Возможность использования пар метаморфических минералов в качестве геотермометров и геобарометров. Основные закономерности геохимии процессов метаморфизма. Геохимические критерии различия орто - и парапород.

25. Геохимия метасоматических процессов. Метасоматоз и его отличие от магматизма и метаморфизма. Принцип дифференциальной подвижности компонентов. Основные типы метасоматических процессов.
26. Теория метасоматической зональности, особенности строения инфильтрационных и диффузионных метасоматических колонок. Режим кислотности-щелочности послемагматических растворов. Фильтрационный эффект, его значение в геологии.
27. Представление о геохимической подвижности компонентов. Геохимия ультраметаморфизма. Трансмагматические (транскоровые) флюиды и их роль в процессах высокотемпературного метасоматоза и гранитизации. Геохимическая сущность анатексиса, палингенеза и гранитизации.
28. Гипергенные геохимические процессы. Основная физико-химическая причина гипергенных процессов и их энергетическая направленность. Главные химические реакции зоны гипергенеза: гидролиз, карбонатизация, окисление, восстановление, гидратация. Геохимия зоны окисления рудных месторождений. Минералого-геохимическая классификация продуктов седиментации.
29. Продукты выветривания. Формы переноса осадочного материала и элементов при образовании осадочных пород, состав основных типов терригенных пород (песчаники, граувакки и глинистые сланцы).
30. Главные типы осадочных пород, особенности их петрохимического и редкоэлементного состава и их глобальная экологическая роль как сорбентов тяжелых металлов. Биолиты. Каустобиолиты, особенности их состава и генезиса, сорбируемые каустобиолитами и концентрирующиеся в них редкие элементы, практическое и экологическое значение этого процесса.
31. Биосфера и ее процессы. Реакция фотосинтеза и ее значение в биосфере. Главные биофильные элементы обмена биосферы и их распространенность. Элементы питания в биосфере, фито- и зоофильные. Соотношение биофильности, распространенности и токсичности химических элементов в отношении биосферы. Особенности концентрации и рассеяния химических элементов живыми организмами. Биогеохимические провинции.
32. Эволюция состава Земли.

#### **Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых**

1. Учение о геохимических поисках месторождений полезных ископаемых как самостоятельный раздел геологических наук. Роль и место геохимических методов на этапах и стадиях геологоразведочного процесса.
2. Миграция элементов, понятие о формах миграции. Внутренние и внешние факторы миграции.
3. Типы геохимических барьеров и их роль в образовании геохимических аномалий.
4. Литохимические методы поисков.
5. Геохимическое поле, его параметры и геохимические аномалии.
6. Местный геохимический фон и минимально-аномальное содержание химического элемента.
7. Интерпретация результатов и оценка геохимических аномалий. Определение статистических параметров геохимического поля. Выделение геохимических аномалий.
8. Интерпретация и изображение результатов геохимического опробования.
9. Определение линейной и площадной продуктивности ореола и прогнозных ресурсов слепых рудных зон.

10. Потенциальная рудоносность магматических пород и осадочно-метаморфических формаций, ее значение при геохимических поисках. Первичные ореолы рудных месторождений и использование их для выявления и оценки месторождений.
11. Зональность гидротермальных месторождений и их первичных ореолов; определение уровня денудационного среза и прогнозирование оруденения на глубину на основе зональности.
12. Вторичные литохимические ореолы рассеяния, их зависимость от ландшафтно-геохимических условий.
13. Классификация вторичных ореолов рассеяния, особенности их строения, поисковое значение.
14. Методика литохимических съемок по вторичным ореолам рассеяния.
15. Подсчет прогнозных ресурсов металла по ореолам и потокам рассеяния
16. Гидрохимические ореолы и потоки рассеяния
17. Методика гидрохимических поисков рудных месторождений.
18. Атмохимические (газовые) ореолы рассеяния рудных месторождений. Газы, характерные для атмохимических ореолов, и газовых съемок. Газотрутная и гелиевая съемки.
19. Биогеохимические ореолы рассеяния рудных месторождений, их классификация и методика биогеохимических и геоботанический методов поисков.
20. Потоки рассеяния рудных месторождений: речные, ледниковые, эоловые и методика поисков по потокам рассеяния