

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ЛИН СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ

Директор

А.П. Федотов

« 1 »

сентября

2020 г.

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ  
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**  
(основная и дополнительная программы)

Направление подготовки кадров высшей квалификации (программа аспирантуры): **05.06.01 Науки о Земле**

Научная специальность программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры): **25.00.09 Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых**

Иркутск, 2020

## **Часть 1. ОСНОВНАЯ ПРОГРАММА.**

### **Раздел 1. Предмет, задачи, методы геохимии.**

Предмет, объект, цели, задачи, методы геохимии. Место геохимии в системе наук о Земле. Основополагающие работы Ф.У. Кларка, В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, А.И. Перельмана, В.М. Голдшмидта и других учёных в развитии геохимии. Основные этапы развития науки. Основные тенденции развития геохимии во второй половине XX века.

### **Раздел 2. Методы геохимических исследований.**

Химико-аналитические, физико-химические и физические методы изучения содержания и состояния элементов в природных объектах. Значение и соотношение методов термодинамики (физической химии) и кристаллохимии (физики твердого тела) в геохимии. Роль физико-химического эксперимента. Математические методы обработки геохимических данных и ЭВМ-моделирования.

### **Раздел 3. Геохимическая классификация элементов.**

Распространённость элементов и принцип классификации. Периодический закон Д.И. Менделеева, классификации элементов В.И. Вернадского, В.М. Гольдшмидта. Литофильные, халькофильные, биофильные элементы.

### **Раздел 4. Состояние (формы нахождения) элементов в природе.**

Представления об ассоциациях химических элементов в природе, о геохимических буферных системах. Минералы и ассоциации химических элементов в природе. Рассеяние элементов в природе: термодинамические основания рассеяния, закон В.И. Вернадского, формы рассеяния элементов. Изоморфизм атомов в кристаллах: геохимическое значение, основные типы (изовалентный, гетеровалентный и др.), изоморфизм как механизм рассеяния, концентрирования и разделения элементов.

### **Раздел 5. Распространённость химических элементов в природе.**

Космохимия – звезды, рассеянная материя, холодные тела, излучения, проблема “скрытой массы” галактик, метеориты, различия в строении и составе двух групп планет Солнечной системы. Распространённость элементов в земной коре, представление о корах планет как о геохимической системе. Строение Земли, общие закономерности распределения элементов по оболочкам Земли, сопоставление с метеоритами, Луной, Солнцем.

### **Раздел 6. Физико-химические основы геохимии (физическая геохимия).**

Основы термодинамики природных систем. Распределение химических элементов между фазами в условиях равновесия. Закон Генри. Понятие коэффициента распределения, зависимость от температуры и давления; представление о геотермометрах и геобарометрах. Термодинамика водных растворов: формы нахождения элементов в растворах, активности и концентрации компонентов, Закон Дебая-Хюккеля, кислотно-основные и окислительно-восстановительные реакции, диаграммы Eh-pH. Представления о геохимических барьерах.

### **Раздел 7. Геохимия магматического процесса.**

Химический состав и классификация магматических пород; распространённость элементов; закономерности изменения распространённости в зависимости от содержания кремнезема, ассоциации элементов ультраосновных, основных, кислых и щелочных пород; типы магматических рудных месторождений.

### **Раздел 8. Геохимия пегматитов, грейзенов и пневматолитов.**

Особенности структуры и состава пегматитов в сопоставлении с составом материнских пород, типы руд, связанных с пегматитами. Ассоциация элементов грейзеновых образований, признаки высокотемпературных реакций газов с породами; роль фтора, а также хлора, бора, серы и др., типы месторождений, связанных с грейзенами.

### **Раздел 9. Геохимия гидротермально-метасоматических процессов.**

Ассоциация элементов в гидротермально-метасоматических образованиях; сульфидная линия процесса, контактные процессы, метасоматические и автосоматические образования (пропилиты, вторичные кварциты, березиты, щелочные метасоматиты, гумбеиты, аргиллизиты, продукты доломитизации, серпентинизации ультраосновных пород, альбитизации гранитоидов и др.).

## **Раздел 10. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования.**

Геохимическая классификация осадочных образований Гольдшмидта, химический состав и ассоциации элементов различных типов осадочных пород, типы осадочных рудных месторождений и месторождений кор выветривания, эволюция процессов осадкообразования в истории Земли.

## **Раздел 11. Геохимия метаморфического процесса.**

Типы метаморфических пород, соответствующие им ассоциации элементов, зависимость состава метаморфических пород от условий метаморфизма, типы рудных месторождений, связанных с метаморфическими породами.

## **Раздел 12. Геохимия изотопов и геохронология.**

Изотопы химических элементов: разница масс атомов как причина разделения изотопов легких элементов в физических физико-химических процессах, представления о термодинамических и кинетических изотопных эффектах. Коэффициенты фракционирования, их зависимость от температуры и давления. Динамика фракционирования изотопов в закрытых и открытых системах. Стабильные и нестабильные изотопы, явление радиоактивности, радиогенные изотопы. Типы радиоактивности. Закон радиоактивного распада, понятия константы распада и периода полураспада. Принципы изотопной геохронологии. Метод изохрон.

## **Раздел 13. Принципы геохимических методов поисков.**

Учение о геохимических поисках месторождений полезных ископаемых как самостоятельный раздел геологических наук. Понятия о геохимическом поле, местном геохимическом фоне, “явных” и слабых геохимических аномалиях; месторождение полезного ископаемого как частный случай геохимической аномалии. Гипергенное поле рассеяния; вторичные ореолы и потоки рассеяния полезных ископаемых в геосферах. Элементарные геохимические ландшафты. Коэффициенты водной миграции и талассофильности элементов, элементы с контрастной миграционной характеристикой. Типы геохимических барьеров и их роль в образовании геохимических аномалий.

## **Раздел 14. Литохимические, гидрохимические, атмосферические (газовые) и биогеохимические методы поисков.**

Потоки рассеяния рудных месторождений. Вторичные ореолы рассеяния и первичные ореолы рудных месторождений.

## **Раздел 15. Биогеохимический метод поисков.**

Собственно биогеохимический и геоботанический методы поисков. Коэффициент биогенного поглощения элементов, биогеохимические барьеры. Методика и техника биогеохимических съемок в закрытых районах; области эффективного применения биогеохимического метода поисков.

## **Рекомендуемая литература**

### *Основная:*

1. **Алексеев, В.А.** Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / В. А. Алексеев, Г. В. Войткевич. – М.: Недра, 1979. – 311 с. – Режим доступа: Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН
2. **Баженова, О.К.** Геология и геохимия нефти и газа: учебник / О. К. Баженова и др. – Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2012. – 432 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13049.html>
3. **Барабанов, В.Ф.** Геохимия. / В. Ф. Барабанов. – Л.: Недра, 1985. – 423 с. – Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/6814> – ЭБС «GEOKNIGA»
4. **Войткевич, Г.В.** Основы геохимии: учебное пособие для студентов геолог. специальностей вузов / Г. В. Войткевич, В. В. Закруткин. – М.: Высшая школа, 1976. – 368 с. – Режим доступа: Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН
5. Геология и геохимия нефти и газа: учебник / О. К. Баженова, Ю. К. Бурлин, Б. А. Соколов, В. Е. Хаин. – Москва: Московский государственный университет имени М.В.



19. **Хованский, А.Д.** Геохимия аквальных ландшафтов / А. Д. Хованский; отв. ред. Г. В. Войткевич –Ростов-на-Дону: Рост. ун-т, 1993. – 240 с. – Режим доступа: Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН
20. **Чертко, Н.К.** Геохимия: учебник для студентов, обучающихся по геологическим специальностям / Н. К. Чертко. – Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2008. –170 с.– Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/12723> – ЭБС «GEOKNIGA»
21. **Чертко, Н.К.** Геохимия / Н. К. Чертко. – Минск: Изд-во БГУ, 2016. – 295 с. – Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/15885> – ЭБС «GEOKNIGA»

*Дополнительная:*

1. **Holland, H.D.** Geochemistry of Earthsurface systems: from the treatise on geochemistry / H. D. Holland, K. K. Turekian. – Amsterdam Elsevier: Academic Press, 2011. – VIII, 680 p. – Режимдоступа: БиблиотечныйфондИНЦСОРАН
2. **Алексеев, В.А.** Металлы в окружающей среде. Оценка эколого-геохимических изменений: сборник задач / В. А. Алексеев, А. В. Суворинов, Е. В. Власова. – Электрон. текстовые данные. – Москва: Логос, 2014. – 216 с. – 978-5-98704-574-9. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51635.html>
3. **Бычинский, В.А.** Экологическая геохимия: тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города: учебное пособие / В. А. Бычинский, Н. В. Вашукевич; ГОУ ВПО "Иркут. гос. ун-т". – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2008. – 190 с.– Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН
4. **Вернадский, В.И.** Труды по геохимии / В. И.Вернадский; ред. А. А. Ярошевский; Рос. акад. наук. Комис. по разраб. науч. наследия В.И. Вернадского, Ин-т геохимии и аналит. химии им. В.И. Вернадского. – Москва: Наука, 1994. – 495 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН
5. **Виноградов, А.П.** Введение в геохимию океана / А. П. Виноградов; АН СССР. Ин-т геохимии и аналит. химии. – М.: Наука, 1967. - 215 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ЛИН СО РАН
6. **Демина Т.Я.** Геохимия: методическое руководство к лабораторному практикуму / Т. Я. Демина – Оренбург: Оренбургский Государственный Университет, 2004 г. – 42 с. – Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/400> – ЭБС «GEOKNIGA»
7. **Джирард, Дж.Е.** Основы химии окружающей среды / Дж. Е. Джирард; ред. В. А. Иванова. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 640 с.– Режим доступа: Библиотечный фонд ЛИН СО РАН
8. **Другов, Ю.С.** Экспресс-анализ экологических проб: практическое руководство / Ю. С. Другов, А. Г. Муравьев, А. А. Родин. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 424 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН
9. **Исаев, В.П.** Геохимия природных газов нефтегазоносных бассейнов: учеб. пособ. / В.П. Исаев; Иркут.ун-т. – Иркутск, 1995. – 94 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН
10. **Козлов, В.Д.** Введение в геохимию: учебное пособие / В. Д. Козлов; Иркут. гос. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. – Иркутск, 2007. – 220 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН
11. **Корж, В.Д.** Геохимия элементного состава гидросферы / В. Д. Корж; Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР. – Москва: Наука, 1991. – 244 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН
12. **Крайнов, С.Р.** Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С. Р. Крайнов, Б. Н. Рыженко, В. М. Швец; ред. Н. П. Лаверов; Рос. акад. наук. Ин-т геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского. – Москва: Наука, 2004. – 680 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН
13. **Птицын, А.Б.** Теоретическая геохимия / А. Б. Птицын; ред. И. Д. Рябчиков; Ин-т природ. ресурсов, экологии и криологии СО РАН. – Новосибирск: ГЕО, 2006. – 182 с. –

Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

14. **Туркина, О.М.** Лекции по геохимии мантии и континентальной коры: учебное пособие / О. М. Туркина; Новосиб. гос. ун-т, Геолого-геофиз. фак. Каф. минералогии и петрографии. – Новосибирск: [б. и.], 2008. – 150 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

15. **Чертко, Н.К.** Геохимия ландшафта. Учебное пособие. 2-е изд. / Н. К. Чертко, Н. В. Ковальчик, В. С. Хомич, А. А. Карпиченко, П. В. Жумарь, Т. А. Тимофеева. – Минск: БГУ, 2011 г. – 303 с. – Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/12722> – ЭБС «GEOKNIGA»

## **Часть 2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА.**

Методология геохимических исследований (аспекты и принципы). Факторы и формы миграции. Геохимические барьеры. Параметры миграции: экстенсивные, интенсивные. Типы миграции химических элементов. Факторы миграции: экзогенные, эндогенные. Формы миграции: механическая, физико-химическая (водная, воздушная), биогенная, техногенная. Геохимические барьеры. Физико-химические барьеры, их классификация. Механические барьеры, их классификация. Биогенные барьеры, техногенные барьеры. Количественные характеристики геохимических барьеров.

Геохимия литосферы. Строение Земли. Основные физические свойства и химический состав внутренних сфер Земли. Понятие «кларк». Кларки концентрации и рассеяния. Кларки литосферы и закономерности распространения химических элементов. Классификация химических элементов. Строение и состав континентальной и океанической земной коры. Геохимические особенности горных пород. Круговорот веществ в литосфере. Природные геохимические аномалии, месторождения полезных ископаемых.

Геохимия атмосферы. Происхождение атмосферы, образование газов. Формы нахождения элементов в воздушной среде. Геохимическая классификация газов зоны гипергенеза. Строение и кларки атмосферы. Особенности миграции газов надземной, подземной атмосферы и гидросферы. Антропогенное воздействие на химический состав атмосферы. Геохимические последствия изменений климата Земли. Парниковые газы. Деградация озонового слоя. Кислотные осадки. Атмосферный аэрозоль. Загрязнение воздуха.

Геохимия гидросферы. Состав, строение гидросферы. Происхождение вод Мирового океана. Химический состав природных вод. Геохимия поверхностных вод (реки, озера). Геохимия подземных вод. Геохимия грунтовых вод. Геохимия межпластовых вод. Минеральные воды. Воды особого состава. Вода как среда миграции химических элементов. Формы нахождения элементов в водной среде. Особенности водной миграции. Количественные показатели водной миграции. Антропогенные изменения континентальных геохимических циклов. Антропогенные изменения Мирового океана.

Геохимия биосферы и других биокосных систем. Учение Вернадского о биосфере. Живое вещество и его функции. Современный состав биосферы. Геохимическая организация биосферы. Биогеохимические циклы. Геохимия биокосных систем. Особенности биохимической миграции химических элементов. Биогеохимические барьеры. Геохимические последствия глобальных и региональных изменений биосферы.

Геохимия природных ландшафтов. Ландшафтно-геохимические системы. Понятие об элементарном и геохимическом ландшафте. Принципы систематики и классификации элементарных и геохимических ландшафтов. Геохимия гумидных и семигумидных ландшафтов (влажные тропики, широколиственные леса, таежные ландшафты, лесостепные ландшафты). Геохимия аридных ландшафтов (степные и сухостепные ландшафты, прерии, пустынные ландшафты). Геохимическая экология.

Геохимия техногенеза и техногенных ландшафтов. Понятие техногенеза. Технофильность и другие показатели техногенеза. Техногенный метаболизм химических элементов. Техногенные геохимические аномалии. Эколого-геохимическое нормирование. Общие особенности техногенной миграции химических элементов и техногенные барьеры.

Техногенные и природно-техногенные системы. Принципы классификации техногенных ландшафтов. Эколого-геохимическая оценка состояния городов. Геохимия горнопромышленных ландшафтов. Геохимия агроландшафтов. Геохимия аквальных ландшафтов рек, озер, водохранилищ, дельт, побережий морей.

Региональная геохимия окружающей среды

Особенности геологического строения Байкальской рифтовой зоны и влияние на концентрирование химических элементов. Геохимия кристаллического фундамента. Геохимия коры выветривания и осадочных пород. Техногенная миграция элементов в промышленных районах Прибайкалья.

Эколого-геохимический мониторинг и картографирование. Объект, цели и задачи эколого-геохимического мониторинга Типы мониторинга. Геохимические лабораторные и полевые методы анализа. Эколого-геохимическое картографирование. Применение ГИС-технологий.

### Рекомендуемая литература

*Основная:*

1. **Баженова, О.К.** Геология и геохимия нефти и газа [Электронный ресурс]: учебник / О. К. Баженова [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2012. – 432 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13049.html>

2. Геохимия окружающей среды [Электронный ресурс]: учебное пособие / – Электрон. текстовые данные. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2013. – 134 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47295.html>

3. **Макрыгина, В.А.** Геохимия отдельных элементов [Текст]: учебное пособие / В. А. Макрыгина; ред. В. С. Антипин ; Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, Иркут. гос. ун-т, Научно-образоват. центр "Байкал-геохимия". – Новосибирск: ГЕО, 2011. – 196 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

4. **Стерленко, З.В.** Общая геохимия [Электронный ресурс]: практикум / З. В. Стерленко, А. А. Рожнова. – Электрон. текстовые данные. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. – 148 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66070.html>

*Дополнительная:*

5. **Джирард, Дж.Е.** Основы химии окружающей среды [Текст] / Дж. Е. Джирард; ред. В. А. Иванова. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 640 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ЛИИ СО РАН

6. **Бычинский, В.А.** Экологическая геохимия: тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города [Текст]: учебное пособие / В. А. Бычинский, Н. В. Вашукевич; ГОУ ВПО "Иркут. гос. ун-т". – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2008. – 190 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

7. **Туркина, О.М.** Лекции по геохимии мантии и континентальной коры [Текст]: учебное пособие / О. М. Туркина; Новосиб. гос. ун-т, Геолого-геофиз. фак. Каф. минералогии и петрографии. – Новосибирск: [б. и.], 2008. – 150 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

8. **Holland, H.D.** Geochemistry of Earth surface systems: from the treatise on geochemistry [Text] / H. D. Holland, K. K. Turekian.– Amsterdam [et al.]: Elsevier: Academic Press, 2011. – VIII, 680 p. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

9. **Алексеев, В.А.** Металлы в окружающей среде. Оценка эколого-геохимических изменений [Электронный ресурс]: сборник задач / В. А. Алексеев, А. В. Суворинов, Е. В. Власова. – Электрон. текстовые данные. – Москва: Логос, 2014. – 216 с. – 978-5-98704-574-9. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51635.html>

10. **Вернадский, В.И.** Труды по геохимии [Текст] / В. И. Вернадский; ред. А. А.

Ярошевский; Рос. акад. наук. Комис. по разраб. науч. наследия В.И. Вернадского, Ин-т геохимии и аналит. химии им. В.И. Вернадского. – Москва: Наука, 1994. – 495 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИИЦ СО РАН

11. **Виноградов, А.П.** Введение в геохимию океана [Текст] / А. П. Виноградов ; АН СССР.Ин-т геохимии и аналит.химии. - [Б. м.] : М.: Наука, 1967. - 215 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ЛИИ СО РАН

12. **Другов, Ю.С.** Экспресс-анализ экологических проб [Текст]: практическое руководство / Ю. С. Другов, А. Г. Муравьев, А. А. Родин. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 424 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИИЦ СО РАН

13. **Исаев, В.П.** Геохимия природных газов нефтегазоносных бассейнов [Текст]: учеб. пособ. / В.П. Исаев; Иркут.ун-т. – Иркутск: [б. и.], 1995. – 94 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИИЦ СО РАН

14. **Козлов, В.Д.** Введение в геохимию [Текст]: учебное пособие / В. Д. Козлов; Иркут. гос. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. – Иркутск : [б. и.], 2007. – 220 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИИЦ СО РАН

15. **Корж, В.Д.** Геохимия элементного состава гидросферы [Текст] / В. Д. Корж; Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР. – Москва: Наука, 1991. – 244 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИИЦ СО РАН

16. **Крайнов, С.Р.** Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты [Текст] / С. Р. Крайнов, Б. Н. Рыженко, В. М. Швец; ред. Н. П. Лаверов; Рос. акад. наук. Ин-т геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского. – Москва: Наука, 2004. – 680 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИИЦ СО РАН

17. **Птицын, А.Б.** Теоретическая геохимия [Текст] / А. Б. Птицын ; ред. И. Д. Рябчиков ; Ин-т природ. ресурсов, экологии и криологии СО РАН. – Новосибирск: ГЕО, 2006. – 182 с. – Режим доступа: Библиотечный фонд ИИЦ СО РАН



ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЯ

<b>Дата</b>	<b>Внесенные обновления</b>	<b>Подпись</b>